VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ



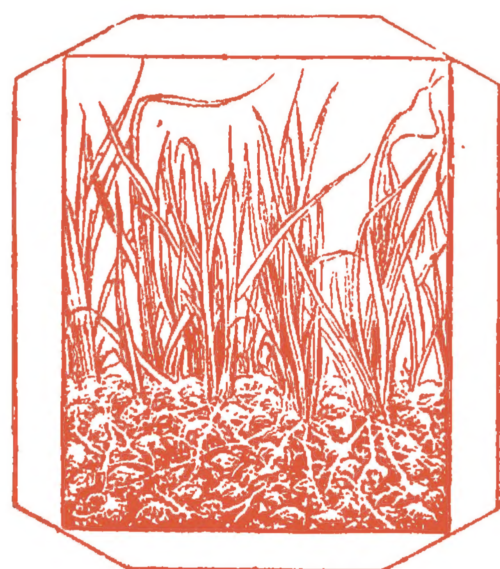
В. Р. ВИЛЬЯМС

ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ

РЕДАКЦИЯ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЧЛЕНА-АКАДЕМИКА
ВСЕСОЮЗНОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК ИМЕНИ В.И.ЛЕНИНА
ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА АКАДЕМИИ НАУК СССР
В. П. БУШИНСКОГО

ТОМ I

РАБОТЫ ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ (1898–1931)



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1950

Под общей редакцией Комиссии Академии Наук СССР
по изданию научно-популярной литературы
и серии «Итоги и проблемы современной науки»
Председатель Комиссии Президент Академии Наук СССР
академик *С. И. ВАВИЛОВ*

Зам. председателя — член-корреспондент Академии Наук СССР
П. Ф. ЮДИН


ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ
В. Р. ВИЛЬЯМС

ПАМЯТИ
ВАСИЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА
ДОКУЧАЕВА

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ



(ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ИЗ КУРСА «ПОЧВОВЕДЕНИЕ. ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ»)





Глава первая[1]

ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ПРОЦЕСС ОБОСОБЛЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

Плодородие — существенный признак почвы.— Почва и горная порода.— Общее направление изучения почвы.— Термическое выветривание.— Физические свойства рухляка.— Химическое выветривание.— Агенты химического выветривания. Действие угольной кислоты при выветривании.— Механический состав рухляка.— Выветривание осадочных горных пород.— Перенос продуктов выветривания.— Участь элементов пищи растений при выветривании.— Отношение почвообразующих пород к воде.— Развитие агрегатного состояния почвообразующей породы.

Для всех ясно, что *почва образовалась из горных пород*. Но между почвой и горной породой огромная разница.

Плодородие — существенный признак почвы. Когда мы говорим о почве, мы разумеем *рыхлый, поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений*. Понятия о почве и ее плодородии неразделимы. *Плодородие — существенное свойство, качественный признак почвы, независимо от степени его количественного проявления*. Понятие о плодородной почве мы противопоставляем понятию о бесплодном камне, или, другими словами, понятию *о массивной горной породе*. Несмотря на диаметральную противоположность этих свойств, мы не сомневаемся, что почва произошла из горной породы.

Почва и горная порода. Мы видели, что существенное свойство почвы, ее плодородие, слагается из двух *равнозначимых* элементов: ее отношения к воде и ее отношения к элементам зольной и азотной пищи растений. Эта двойственность, присущая существенному свойству почвы, заставляет искать *два* одновременно протекающих процесса, под влиянием которых в одной и той же каменной горной породе постепенно накопляются две категории новых свойств. Вследствие накопления этих отличий, первоначальная порода обращается в качественно иное, новое природное тело, в почву. *Накопленные отличия слагаются в новое существенное свойство — плодородие, которое диаметрально противоположно по своему значению свойству первоначальной горной породы — бесплодию.*

И действительно, мы знаем два процесса, под *совместным и одновременным* воздействием которых горная порода обращается в почву. Это процесс *выветривания* и процесс *почвообразования.*

Общее направление изучения почвы. В самую раннюю эпоху развития науки о почве предполагалось, что почва образуется из горных пород под воздействием одного только процесса выветривания. Этот взгляд соответствовал тому периоду развития естественных наук, когда еще только зарождалась химия углеродистых соединений, когда еще никто не думал о возможности существования химии коллоидального состояния тел, когда еще не было и намеков на микробиологию, когда еще в зародыше было учение об энзимах и когда еще не могло обособиться понятие о гетеротрофном питании организмов. Сильно способствовало возможности установления и сохранения по настоящее время неправильного, устаревшего взгляда на происхождение почвы и то, что в самых процессах выветривания было еще много невыясненного, и под этим понятием и до сих пор обобщаются процессы разных порядков.

Несмотря, однако, на все эти неблагоприятные условия,



Докучаев Василий Васильевич
(*1846—1903*)

как только начали обрисовываться общие контуры вышеупомянутых отраслей естественных наук, так тотчас зародилось и *учение о почвообразовательном процессе в смысле истории развития почвы как природного тела*. Учение о почвенном покрове как о самостоятельной категории природных тел возникло в России в результате творческой работы трех русских ученых — В. В. Докучаева, П. А. Костычева и Н. М. Сибирцева.

Само собой разумеется, что в работах этих трех ученых могла быть намечена лишь общая схема развития почвы, в ее деталях могли быть несущественные ошибки. Они находят себе полное объяснение в недостаточном развитии тех дисциплин, на которые опиралась тогда наука о почве.

Лучше всего общее направление изучения почвы логически вытекает из определения понятия о почве, установленного Докучаевым его словами: «*Почвой следует называть «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых*».

Еще дальше факторы, совместно изменяющие горную породу, слагаются у Докучаева в пять комплексов: 1) *материнскую породу*, 2) *климат*, 3) *растительность*, 4) *рельеф страны* и 5) *ее возраст*.

После того как набросана эта программа изучения совместного влияния пяти основных элементов почвообразования в общем аспекте развития или возраста, всякую попытку свести изучение происхождения почвы к преобладающему влиянию одного какого-либо элемента, при сохранении в стационарном состоянии современных условий залегания почвы, нельзя не рассматривать как шаг назад, как возврат к младенческому состоянию науки о почве, когда не было еще необходимых предпосылок для диалектического анализа процесса почвообразования и поневоле приходилось ограничиваться метафизическим анализом. Эти попытки при современном состоянии



Костычев Павел Андреевич

(*1845—1895*)

развития точных и биологических наук представляют достояние истории науки.

Если из соображений принципиального порядка нельзя согласиться с приложением, при современном состоянии развития естественных наук, метафизического анализа в области учения о почве, то тем более отрицательного отношения заслуживают попытки оставаться на позициях морфологического направления в почвоведении — того направления, которое во всех естественных науках принадлежит даже не истории, а археологии по той простой и морфологически очевидной причине, что в нем совершенно отсутствует логика, и потому оно не может служить основанием для построения научной, т. е. логической, системы. Это не наука, а искусство, пародирующее науку.

Термическое выветривание. Горная порода, чтобы стать почвой, должна развить два новых свойства, слагающих существенный признак почвы — ее плодородие. Она должна приобрести способность к образованию и сохранению *запаса воды*, необходимой для обеспечения развития растений, и она должна сконцентрировать и удержать необходимый для развития растений *запас элементов их зольной и азотной пищи*.

Первоисточник воды очевиден, это — *атмосферные осадки*. Они должны получить возможность *проникнуть* в породу, и порода должна быть в состоянии их *удержать*.

Но первоначальные горные породы обладают свойством, которое называется *массивностью*. В природе они слагаются сплошными массами, образуя скалы, горы, пласты, и поэтому в геологии носят название массивных горных пород.

В природе нет абсолютно непроницаемых для воды горных пород. Даже самые плотные и твердые граниты, сиениты, порфиры, кварциты и тому подобные содержат некоторое количество воды, не говоря уже о более мягких известняках, песчаниках, сланцах и др. Но это содержание воды в горных



Сибирцев Николай Михайлович
(1860—1900)

породах ничтожно и, кроме того, для целей снабжения растений *практически равно нулю.*

Чтобы запасти воду в своей массе, горная порода должна обладать более широкими промежутками между элементами, ее слагающими; она должна покрыться системой трещин, через которые могла бы проникнуть вода. Порода должна утратить свойство массивности и тем самым приобрести новое свойство, называемое *рухляковостью. Массивная порода должна обратиться в породу рухляковую, или в рухляк.* К таким породам принадлежат глины, пылевые наносы, пески, конгломераты, осыпи и др.

Процесс перехода массивной породы в рухляк носит название *физического или термического выветривания.*

Причин возникновения этого процесса две. Первая — ежесуточные *колебания температуры* наружных горизонтов породы под влиянием смены дня и ночи и других менее правильно повторяющихся процессов. Вторая причина процесса — чрезвычайно *малая теплопроводность* всех горных пород.

Под влиянием одновременного сочетания этих двух причин при всяком *нагревании* поверхности породы, вследствие медленной передачи тепла в толщу породы, легко обособляется слой более теплый, чем глубжележащая масса. Вследствие этого возникает разница между напряжением молекулярных сил в поверхностном слое породы и в глубжележащей массе ее. Верхний нагретый слой стремится расшириться, и этому стремлению противостоит сила сцепления его с глубжележащей холодной массой породы. В результате этой разницы напряжений молекулярных сил образуются тонкие волосные *трещины,* отделяющие верхний, а с течением времени и ряд верхних слоев от основной глубжележащей массы породы.

Наступает ночь. Верхние слои породы, прогретые в течение дня до некоторой глубины, начинают *охлаждаться* вследствие лучеиспускания. Опять и по причине той же малой теплопроводности породы на ее поверхности обособляется слой, отли-

чающийся теперь меньшей температурой по сравнению с более глубокими слоями, прогретыми в течение дня.

Под влиянием этого нового сочетания условий наступает вновь разница напряжения молекулярных сил, но на этот раз противоположного значения. Верхний, более холодный слой стремится уменьшиться в объеме, сжаться. Но его сжатию противостоит объем еще теплых, более глубоких слоев породы. Опять возникает сеть тонких, волосных *трещин*, но имеющих другое направление.

В первом случае, при согревании поверхности породы, более теплые ее слои стремились отделиться от более холодной массы породы параллельными рядами *периферических* трещин, параллельных наружной поверхности породы. При охлаждении поверхности породы ее внешний слой стремится сократиться в объеме, но, встречая непреодолимое препятствие более глубоких, более теплых слоев, растрескивается сетью *радиальных* трещин, направленных перпендикулярно к поверхности породы.

Получается сеть взаимно пересекающихся рядов трещин, разрыхляющих поверхностные слои породы.

Кроме того, подчиненное значение, лишь усиливающее влияние главных причин, имеют разница коэффициента линейного расширения по разным осям минералов различных кристаллических систем, кроме правильной, и разница окраски минералов, влияющая на степень поглощения ими тепла, а следовательно, и на степень их расширения.

В образовавшиеся трещины проникает вода и зимой, замерзая в них и увеличиваясь при этом в объеме, еще более нарушает связь элементов породы.

Под влиянием смены этих процессов изо дня в день и из года в год поверхность породы покрывается рыхлой массой *рухляка термического выветривания* породы.

Сила тяжести, ветер и потоки дождевой воды сносят образовавшийся рухляк и обнажают новые поверхности массивной породы для дальнейшего выветривания.

В наиболее сильно выраженной степени термическое выветривание горных пород осуществляется в сухих, жарких пустынях субтропической зоны и в высокогорных областях выше снеговой линии. Малое количество водяного пара в атмосфере последних областей определяет большую прозрачность и безоблачность атмосферы. Поэтому поверхность горных пород очень сильно нагревается солнечными лучами днем и быстро и сильно охлаждается ночью вследствие беспрепятственного излучения тепла. В этих горных районах с обращенных к солнцу поверхностей скал сыплется непрерывный дождь обломков термического выветривания горных пород. и у подножия скал скопляются мощные толщи *осыпей остроgranных обломков* самой разнообразной величины.

Вновь получающаяся порода, рухляк термического выветривания, отличается от первоначальной породы только одним признаком. Первоначальная порода утратила только свою *форму*, из массивной она стала рухляковой. *Все остальные свойства остались теми же*: *петрографические элементы массивной горной породы только подверглись большему или меньшему измельчению*; *и без всяких других изменений и в тех же, относительных количествах они вошли и в состав рухляковой породы.*

В полном согласии с единственным изменением свойств рухляковой породы находится и изменение ее отношений к окружающей среде. Изменилось только ее отношение к воде и газам. Рухляк стал *проницаем* для воды и воздуха.

Но изменившееся отношение породы к воде далеко еще не удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются плодородием почвы по отношению к воде.

Такая порода может лишь пропустить в себя воду, но она не в состоянии *сохранить* сделанного ею запаса воды.

Под влиянием термического выветривания порода претерпела только бо́льшую или меньшую степень измельчения. Она только разбилась на однородные элементы различной крупности, но в ней не создались условия, могущие заставить

новые элементы породы войти в какие бы то ни было отношения между собой. Отношения как отдельных элементов породы, так и всей совокупности их, самого рухляка к элементам окружающей среды представляют простую функцию измельченности этих элементов и равномерности их измельчения. Такая порода носит название *раздельночастичной* рухляковой породы.

Все элементы такой породы многогранны, они образовались вследствие растрескивания элементов породы преимущественно по *плоскостям* спайности. Поэтому элементы породы не могут достигнуть такой степени сближенности, чтобы дать возможность проявиться молекулярной силе сцепления, проявляющейся только на ничтожных расстояниях. Такая порода совсем не обладает *связностью*, т. е. *способностью противостоять силам, стремящимся разъединить ее частички*.

Такая порода — рухляк в самом полном смысле слова.

Физические свойства рухляка. Во влажном состоянии, пока между элементами породы присутствует вода, можно придать массе породы форму какого-либо геометрического тела, вследствие силы сцепления между элементами породы и водой. Но как только сформированное из влажной породы тело высохнет, оно рассыпается само собой в бесформенную массу рухляка.

Все процессы, которые возникают в массе такой породы при ее взаимодействии с элементами окружающей среды, совершаются *всегда в одном направлении* и продолжаются до тех пор, сохраняя то же направление, пока имеются налицо условия внешней среды, определяющие процессы. Как только возобновляются условия процесса, так тотчас он вновь возникает и неизменно в том же направлении. Закономерности, определяющие направление и темп возникающих процессов, крайне просты.

Одним словом, рухляковая порода — тело, в котором все процессы, возникающие при его взаимодействии с окружающей средой, подчиняются абиотическим законам, до тех пор пока порода остается рухляком.

Из процессов, возникающих в рухляке термического выветривания при его взаимодействии с элементами окружающей среды, в настоящем месте наиболее важны его отношения к воде как к одному из элементов, слагающих плодородие почвы.

Из процессов, которые возникают при соприкосновении сыпучего тела с водой, в рухляке термического выветривания развита в полной мере только проницаемость.

Многогранные элементы этой породы соприкасаются преимущественно углами, вершинами и ребрами, лишь изредка происходит их соприкосновение по поверхностям граней. Поэтому промежутки между элементами породы имеют форму волосных каналов с бесчисленным множеством расширений. Волосные процессы в такой породе проявляются преимущественно в форме образования менисков воды на местах соприкосновения вершин и ребер одних частичек с гранями других. *Сплошных волосных каналов во всей толще такой породы не существует.* Вследствие такого сложения породы, частички которой в природных условиях не бывают мельче 0,1 мм, вода свободно проникает в ее массу и движется в ней по законам *тяжести или гидростатического давления*, т. е. в виде так называемой *капельно-жидкой*, или *гравитационной, воды*.

Но как только прекращается приток воды сверху или гидростатическое давление, так тотчас вода, заполнявшая в породе все промежутки, из них стекает, и в массе породы остается ничтожное количество воды, удерживаемое в форме менисков на точках и линиях соприкосновения частичек породы между собой. *Влагоемкость* породы выражена крайне слабо.

Вследствие отсутствия непрерывной во всех направлениях сети волосных промежутков и *волосное передвижение воды* по породе отсутствует.

Из сопоставления вышесказанного видно, что путем термического выветривания горная порода, вследствие накопления мелких количественных изменений, постепенного измельчения, приобрела проницаемость, существенное свойство при-

родного тела, качественно отличного от первоначального, исходного тела.

Приобретенное качество, в свою очередь, открывает широкий простор для нового порядка взаимодействий между элементами новой рухляковой породы и окружающей средой.

Химическое выветривание. Результат измельчения породы, математически неизбежный, — увеличение поверхности соприкосновения породы с элементами окружающей среды, и это не может не вызвать ряда новых процессов.

Прямо пропорционально степени увеличения поверхности растет и степень энергии химического взаимодействия между элементами, способными к такому взаимодействию. Усиливается *химическое выветривание* элементов измельченной горной породы.

Под этим названием мы разумеем химическое взаимодействие между элементами атмосферы и петрографическими элементами породы — *минералами*, ее составляющими.

Раньше всеми и теперь еще многими учеными химическое выветривание рассматривается как ряд весьма сложных процессов. Это происходит оттого, что под одним этим общим названием объединяют три порядка процессов, качественно между собой различных и теперь ясно различаемых под названиями процессов *метаморфоза, диагенезиса и выветривания.*

Под *выветриванием* мы разумеем процессы взаимодействия между элементами горной породы и окружающей *минеральной* (абиотической) среды, осуществляющиеся исключительно при *термодинамических условиях земной поверхности*, т. е. при средней температуре 15° и среднем давлении 760 мм ртутного столба.

Под *метаморфозом* мы разумеем как взаимодействие между теми же элементами, так и взаимодействие продуктов выветривания между собой, совершающиеся или при *высокой температуре, или под высоким давлением*, или при одновременном сочетании этих двух условий.

В том и другом случае получаются при необратимых в данных термодинамических условиях процессах выветривания, или метаморфоза, продукты, обладающие общим существенным свойством *конечных продуктов* всякого процесса. *Они не способны входить во взаимодействие* в условиях своего образования. Они конечные продукты с существенным свойством *устойчивости при термодинамических условиях своего образования.* Это свойство противопоставляется *непостоянству промежуточных продуктов, которые поэтому лишены способности накопляться.*

Конечные продукты того и другого процесса могут вновь входить во взаимоотношения между собой, т. е. участвовать в процессе диагенезиса только *при условиях, противоположных условиям их образования.* Продукты выветривания могут вновь реагировать между собой только при условии высокой температуры или высокого давления, или при сочетании этих условий.

Точно так же и продукты метаморфоза могут вновь подвергаться изменению только путем процесса выветривания при термодинамических условиях земной поверхности.

Процессы химического выветривания крайне просты.

Число горных пород, участвующих в образовании почв, невелико. Они состоят из небольшого числа минералов; продукты их выветривания образуют рухляк *почвообразующих* пород.

Существенные для почвообразования петрографические элементы этих немногих горных пород могут быть объединены в четыре группы:

1. *Кварц.*
2. *Карбонаты.*
3. *Силикаты.*
4. *Алюмосиликаты.*

Кварц сам по себе нередко встречается в форме горной породы, которая в виде кварцитов бывает очень часто представлена большими массивами.

Кроме того, кварц представляет существенную часть самых распространенных в природе так называемых *кислых* алюмосиликатных горных пород, примером которых могут служить граниты и гнейсы; в этих породах кварц представлен более или менее крупными кристаллами.

Карбонаты в качестве горных пород представлены исключительно карбонатами извести и магнезии. Карбонаты других металлов в качестве почвообразующих пород не встречаются. Мы пока будем иметь в виду только *кристаллические* (*метаморфические*) *известняки*.

Силикаты, или *соли кремневой кислоты*, принимают существенное участие в составе сложных горных пород. Они представлены, главным образом, силикатами двухвалентного железа и магния. Примерами их могут служить роговые обманки, авгиты, пироксены и др.

Алюмосиликатам, или *солям алюмокремневой*, или *глиноземнокремневой кислоты*, принадлежит, несомненно, одно из главных значений в составе горных пород. К этой группе принадлежат полевые шпаты и слюды, представляющие обыкновенно преобладающую составную часть сложных алюмосиликатных пород, гранитов, гнейсов, слюдяных сланцев, сиенитов, андезитов и других пород.

Агенты химического выветривания. Химическое выветривание представляет несложный ряд процессов взаимодействия между вышеперечисленными группами минералов горных пород и элементами атмосферы.

Оставляя в стороне те элементы атмосферы, которые содержатся в ней в крайне малых количествах, мы рассмотрим четыре составляющих ее газа: *азот* (включая и аргон), *кислород*, *угольную кислоту и пары воды*.

Прежде всего останавливает на себе внимание значение паров воды. Прямого химического воздействия на составные элементы горных пород вода и ее пары не оказывают, но *ее присутствие — необходимое условие действия других элементов*

Поэтому, например, в жарких пустынях, где дождя не выпадает иногда в течение нескольких лет, мы встречаем исключительно термическое выветривание. Осыпи горных пород в этих областях представляют просто измельченную породу, сохранившую все свои петрографические элементы в тех же соотношениях, какие присущи первоначальной массивной породе. То же наблюдается и при выветривании на горах выше снеговой линии.

Для того чтобы могло осуществиться влияние на горную породу других элементов атмосферы, необходимо, чтобы порода была смочена водой, или чтобы измельченная порода, рухляк, сгустила на своей поверхности пары воды.

Необходимо обратить внимание на то, что после окончания реакции между элементами породы и атмосферы *все ее нерастворимые продукты, остающиеся на месте реакции, всегда отлагаются в форме гидратов.* Гидратизацией одной части продуктов выветривания и растворением и выносом другой части и ограничивается прямое участие воды и ее паров в процессе выветривания горных пород.

Азот и *аргон* атмосферы, вследствие их инертности в термодинамических условиях земной поверхности, никакого участия в процессе выветривания не принимают.

Участие *кислорода* воздуха при выветривании невелико. Действие свободного кислорода ограничивается только окислением таких соединений, которые могут присоединить кислород.

В горных породах к таким соединениям принадлежат силикаты и алюмосиликаты, содержащие закисные соединения железа.

Повидимому, подобное окисление совершается одновременно с распадом силикатов или алюмосиликатов под влиянием угольной кислоты.

Процесс окисления закиси железа горных пород в гидраты окиси железа обращает на себя внимание тем, что при нем

происходит значительное увеличение объема выветривающихся элементов породы, и, следовательно, он оказывает и механическое влияние в смысле разрыхления породы. Этот процесс легко наблюдать на породах, окрашенных соединениями закиси железа в черный или зеленый цвет. Особенно ярко представлен этот процесс при выветривании кристаллических известняков, окрашенных соединениями закиси железа в черный и темные цвета. При выветривании в условиях сухой степи они дают яркокрасные и розовые мергели (*terra rossa*). Подобный же результат получается при выветривании змеевиков, зеленокаменных пород и многих лав. При выветривании андезитов, базальтов и роговообманковых сланцев получаются яркожелтые рухляковые породы (желтоземы).

Действие угольной кислоты при выветривании. *Угольной кислоте*, несмотря на ничтожное содержание ее в атмосферном воздухе, принадлежит главное значение при химическом выветривании горных пород.

Мы рассмотрим последовательно отношения угольной кислоты ко всем выделенным нами выше группам петрографических элементов горных пород.

Кварц (SiO_2) — свободная кристаллическая кремневая кислота, иногда окрашен следами других веществ в разнообразные цвета, ни в какие взаимоотношения с угольной кислотой не входит. Также не влияют на него и другие элементы атмосферы. *Кварц химическому выветриванию не подвергается*; он способен только измельчаться под влиянием термического выветривания.

Карбонат извести, или углекислая соль окиси кальция ($CaCO_3$), в чистой воде практически не растворим, но в природной воде, всегда содержащей в растворе свободную угольную кислоту, он обращается в бикарбонат, или кислую углекислую соль окиси кальция $Ca(HCO_3)_2$, растворимость которой приблизительно в сто раз больше растворимости карбоната.

Таким образом процесс выветривания карбонатных пород

сводится к простому растворению содержащихся в них углекислых извести и магнезии. При этом, если известняки содержали примесь закисных соединений железа, с последними происходит изменение, о котором мы уже говорили выше.

Силикаты представляют соли кремневой кислоты или изоморфную смесь этих солей. Единственная реакция, которая может произойти между ними и свободной угольной кислотой, это реакция замещения связанной кремневой кислоты силикатов свободной угольной кислотой.

В результате реакции получится *свободная кремневая кислота*, а основания, которые были с ней связаны, образуют соли угольной кислоты. Основаниями, образующими силикаты, чаще всего бывают двухвалентное и трехвалентное железо, марганец, кальций, магний, натрий и калий. Участь их при выветривании различна. Все железо переходит в форму трехвалентного и, вследствие неустойчивости карбоната его окиси, окончательно выделяется на месте реакции в виде *гидрата окиси железа*. Так же, повидимому, отлагается и *марганец*. *Кальций* и *магний* выделяются в виде *карбонатов извести* и *магнезии*, и так как эти соли в присутствии свободной угольной кислоты довольно легко растворимы в воде, то они в значительной степени выщелачиваются из рухляка атмосферной водой, всегда содержащей в растворе свободную угольную кислоту. Натрий и калий также образуют карбонаты своих окисей, и так как эти соли, сода и поташ легко растворимы в воде, то они легко выщелачиваются из породы.

Что касается кремнёвой кислоты, то при действии угольной кислоты на силикаты она сначала выделяется в воднорастворимом состоянии, переходя в некоторых условиях в аморфную кремневую кислоту или кремнезем.

Выветривание *алюмосиликатов* под действием угольной кислоты, по существу, не отличается от выветривания силикатов. Разница заключается только в том, что в этом случае мы имеем дело с солями алюмокремневой кислоты ($H_2Al_2Si_2O_8$)

или с изоморфною смесью этих солей. Поэтому вместо получающейся в первом случае аморфной кремневой кислоты мы получаем смесь гидратов *алюмокремневой кислоты*, или *каолина* ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O$), и *аморфной кремневой кислоты*. Все остальное, касающееся выветривания силикатов, касается и выветривания алюмосиликатов.

В конечном результате выветривания самой сложной массивной горной породы получающаяся рухляковая порода может состоять из *обломков кварца*, *порошка аморфной кремневой кислоты* (кремнезема), *каолина и окисей железа и марганца*. Кроме того, если выветривание еще не вполне закончено, к породе могут быть примешаны *обломки первоначальных горных пород*.

В зависимости от преобладания той или иной группы упомянутых составных частей и происходит все разнообразие природных рухляковых пород, которые могут быть каменистыми, хрящевыми, песчаными, супесчаными, пылеватыми или лёссовидными, суглинистыми и глинистыми в зависимости от преобладания тех или иных элементов.

Механический состав рухляка. Способы определения количественного содержания в рухляковой породе частичек различной крупности, или *механических элементов*, носят название *механического анализа*. Мы не можем остановиться на детальном разборе принципов, положенных в основу механического анализа, поэтому укажем только на то, что количество наиболее крупных элементов (до 0,25 мм в диаметре) определяется пропусканием навески почвы через сита сначала с водой, а потом в сухом состоянии. Элементы от 0,25 до 0,01 мм определяются в приборе, дающем длительную струю воды равномерной скорости, и более мелкие частички разделяются по скорости их оседания в стоячей воде.

Для массовых производственных анализов механического состава почв в настоящее время принят метод пипетки (Робинзон).

Но наиболее совершенным способом механического анализа в целях получения отдельных чистых механических фракций следует признать комбинацию способов Вильямса и Шёне. Классификация механических элементов, принятая при этих способах, такова:

Камни диаметром крупнее 10 мм

Хрящ		Песок		Пыль	
Крупный	10—5 мм	Крупный	3—1 мм	Средняя	0,01—0,005 мм
Мелкий	5—3 мм	Средний	1—0,5 мм	Тонкая	0,005—0,001 мм
		Мелкий	0,5—0,25 мм		
		Пылеватый	0,25—0,05 мм	Ил	
		Тонкий	0,05—0,01 мм	Мельче 0,001 мм	

Приведенная классификация стремится объединить в группы элементы, по возможности однородные. Общеизвестен факт, что интенсивность химического взаимодействия растет прямо пропорционально поверхности соприкосновения реагирующих тел.

При измельчении элементов горной породы во время выветривания поверхность их соприкосновения с агентами атмосферы растет чрезвычайно быстро. Поэтому процесс их химического выветривания совершается с прогрессивно возрастающей энергией. Очень скоро наступает *предел измельчения, дальше которого элементы породы, способные химически выветриваться, не могут существовать в природных условиях.* Они должны обратиться в конечные продукты своего распада.

Такой предел для большинства минералов, входящих в состав горных пород, наступает при достижении измельчения в 0,1 мм. Лишь очень немногие минералы, как, например, лепидолит, ильменит, мусковит и др., достигают измельчения в 0,01 мм, кварц также достигает размеров в 0,01 мм.

Поэтому приведенные группы механических элементов характеризуются достаточно строго и определенным петрографическим составом.

Камни представляют обломки горных пород.

Группа хрящей представляет или такие же обломки пород или отдельные минералы, их слагающие.

Пески содержат только отдельные минералы породы, причем, по мере уменьшения диаметра песка, в нем растет относительное содержание кварца.

Пылеватый песок состоит почти нацело из чистого кварца с ничтожной примесью роговой обманки, лепидолита, ильменита, мусковита и некоторых других минералов.

Тонкий песок представляет чистый кварц.

Пыль состоит нацело из аморфной кремневой кислоты.

Тонкая пыль, повидимому, результат несовершенства процесса разъединения частичек.

Наконец, *ил* представляет смесь каолина (глинных минералов) и окисей железа и марганца, или так называемую глину.

Только ил обладает свойством *связности*, или способностью при высыхании сохранять приданную его массе во влажном состоянии форму. Связность ила очень велика, и для того чтобы расколоть сформованную из него призму, имеющую поперечное сечение, равное 1 кв. см, нужно нагрузить нож, раскалывающий призму, грузом в 35 кг.

Остальные механические элементы *не обладают связностью ни в какой мере*, и сформованная из них во влажном состоянии фигура рассыпается после высыхания или сама собой, или от малейшего прикосновения.

Следует упомянуть, что многие исследователи для характеристики механического состава ограничиваются выделением фракции мельче 0,01 мм и дробным разделением более крупных фракций. Ясно, что механическая фракция мельче 0,01 мм может состоять из 99% пыли и 1% ила, или же, наоборот из 1% пыли и 99% ила и, следовательно, *может обладать самыми разнообразными физическими и химическими свойствами*. Логического основания для такого рода механического анализа я не вижу.

Выветривание осадочных горных пород. Мы до сих пор рассматривали выветривание *первичных* горных пород. Кроме них, в состав земной коры входят мощные толщи пород *вторичных, осадочных*: песчаников, осадочных известняков, глинистых сланцев и др. Вторичные, или осадочные, породы состоят из продуктов выветривания первичных пород, сложившихся в новые плотные слои породы, или из продуктов дочетвертичного почвообразования. Из предыдущего ясно, что эти породы могут подвергаться химическому выветриванию только в том случае, если они сложены из крупных обломков первичных пород, как, например, в случае конгломератов. Вторичные же породы, осадочные мелкозернистые песчаники, известняки, глинистые сланцы, сложены из конечных продуктов выветривания первичных пород, песка, аморфной кремневой кислоты, углекислой извести и глины, т. е. из смеси каолина и окисей железа и марганца.

Как конечные продукты выветривания все эти вещества обладают полной устойчивостью при термодинамических условиях земной поверхности. *Поэтому осадочные породы могут подвергаться только термическому выветриванию*, т. е. они вновь обращаются в рухляковые массы песка, пыли и глины.

Немного сложнее происходит выветривание *осадочных известняков*. Осадочные известняки образуются на дне моря вследствие скопления бесчисленных известковых панцырей и раковин морских организмов. Материалом для построения этих панцырей и раковин служит углеизвестковая соль, беспрерывно вымываемая атмосферной водой из рухляка выветривания на поверхности суши. Вместе с этим атмосферная вода также беспрерывно сносит с поверхности суши и другие конечные продукты выветривания. Мелкий песок, пыль аморфной кремневой кислоты, окись железа и марганца и каолин также беспрерывно поступают в море и осаждаются на дно, входя в состав образующихся известняков.

Когда осадочные известняки выступают на поверхность

суши, начинается их выветривание. Их поверхность разрыхляется термическим выветриванием, и проникающая в толщу известняков атмосферная вода выщелачивает углекислую известь. На месте рухляка осадочного известняка остаются только нерастворимые в воде конечные продукты выветривания первичных пород, попавшие в его толщу одновременно с панцырями и раковинами, послужившими основным материалом для образования вторичных известняков.

Оставшаяся рухляковая порода носит название *мергеля.* Ее характерный признак — *высокая степень выравненности* слагающих ее механических элементов. Они подвергались сортирующему воздействию наземных, так называемых делювиальных потоков, потом рек, снесших их в море, и, наконец, окончательно были отсортированы морскими течениями. Обыкновенно мергели содержат и некоторое количество остаточной углекислой извести.

Остаточная рыхлая порода, получающаяся после окончания термического и химического выветривания любой, самой сложной по составу первичной или осадочной породы, может, таким образом, состоять только из смеси измельченного *кварца*, тонкого порошка *аморфной кремневой кислоты* и мельчайших частиц *гидрата алюмокремневой кислоты*, или каолина, *окисей железа и марганца.* Смесь последних трех элементов обычно называется *глиной.* Кроме того, такая порода может содержать и обломки *первоначальной горной породы.*

Обыкновенно эти группы элементов характеризуют по их крупности, говоря о камнях и хряще, песке, пыли и глине. В зависимости от преобладания того или другого из этих элементов различают рухляковые породы каменистые, хрящевые, песчаные, пылеватые и глинистые. Часто характеризуют механический состав рухляковых пород, прибегая к комбинации приведенных слов. Говорят, например, о каменистых или валунных глинах, глинистых песках или характеризуют содержание глины в песчаной породе, называя ее тяжелой или лег-

кой супесью. Совершенно так же для характеристики содержания песка или пыли в глинистой породе называют ее легким или тяжелым суглинком. Слова «легкий» и «тяжелый» характеризуют в этих случаях лишь отношение породы к легкости или трудности — «тяжести» — ее обработки, так как глина представляет единственный элемент породы, обладающий связностью.

Частички глины настолько мелки (<0,001 мм), что могут входить в очень тесное соприкосновение между собой и с более крупными частичками. При таком тесном соприкосновении может в достаточной степени развиться молекулярная сила сцепления, развивающаяся только на ничтожно малых расстояниях.

Что касается веса механических элементов рухляка, то он изменяется в противоположном направлении. Удельный вес всех элементов, начиная от среднего песка и кончая тонкой пылью, равен 2,65 (удельному весу кварца). Только в более крупных элементах он может быть выше в зависимости от возможного содержания в них более тяжелых минералов. Удельный вес частичек мельче 0,001 мм колеблется от 2,4 до 2,1 в зависимости от отношений содержания в нем каолина и окисей железа и марганца.

Рухляковые породы, в которых резко выражено преобладание элементов пылеватых, носят часто название *лёсса* и *лёссовидных* пород, и обыкновенно эти слова употребляются для характеристики *выравненности* или *однородной мелкозернистости* состава. Говорят, например, о лёссовидных песках. Само собой разумеется, что связывать представление о лёссовидности породы с возможностью ее происхождения как экзотического эолового наноса нельзя. Генезис породы может быть установлен только в результате всестороннего анализа условий ее залегания и ее свойств.

Перенос продуктов выветривания. Лишь в редких случаях рухляк выветривания остается в неизменном состоянии на

месте своего образования. Он обыкновенно подвергается сортировке движущейся водой, льдом, ветром и под влиянием силы тяжести.

Перенос частичек породы в областях с значительным количеством атмосферных осадков начинается с работы движущейся воды. В этих влажных областях образуется при выветривании глина, которая, обладая связностью, препятствует разнесению частичек породы ветром. Наоборот, в областях с малым количеством атмосферных осадков преобладает термическое выветривание, и частички рухляка легко передвигаются ветром, так как они не сцементированы глиной, а следовательно, порода не обладает связностью.

Частички глины, вследствие своей чрезвычайной измельченности, обладают способностью легко *взмучиваться* в воде, образуя так называемую *суспензию*, и они неопределенно долгое время могут оставаться в таком состоянии. Поэтому капли дождя и струи снеговых вод взмучивают глину. Те же струи, стекая с повышений рельефа в его понижения, сносят с собой глину, а также и другие мелкие механические элементы рухляка в соответствии с быстротой движения воды этих *делювиальных потоков* и с количеством воды, их составляющей. В ручьях, речках и реках, в зависимости от *изменения быстроты* их течения, отлагаются частички различной крупности. Наиболее же мелкие частички глины уносятся реками в озера и моря, постепенно заполняя их бассейны.

Не все делювиальные потоки достигают ручьев и рек или так называемых аллювиальных, постоянных потоков воды; только потоки весенней снеговой воды и потоки, образуемые ливнями и затяжными обложными дождями, достигают русел аллювиальных потоков.

Делювиальные потоки, возникающие после менее обильных и продолжительных дождей, рассасываются по массе самой породы вскоре после прекращения дождя или распределяются по мелким углублениям (микрорельефу) поверхности породы.

Таким образом происходит постепенное передвижение мелких частичек породы вниз по склону рельефа. На всем склоне образуются отложения так называемого *делювия*, который, очевидно, будет более *мелкочастичным*, чем первоначальная порода, из которой он образовался. Оставшаяся в верхних частях склонов, обедненная мелкими частичками порода носит название *элювия* первоначальной породы и, очевидно, отличается большей *крупночастичностью*.

Освобожденный от глины элювий породы легко переносится ветром. Под напором струй воздуха отдельные песчинки начинают перекатываться по направлению ветра, пока не встретится препятствие. У такого препятствия постепенно скопляется горка песка, по которой ветер вкатывает песчинки. Достигнув вершины горки, песчинки под влиянием силы тяжести скатываются вниз, образуя так называемый *естественный откос*. Когда изменяются направление и скорость ветра, новые песчинки *крупности, соответствующей новой скорости ветра*, навеваются со стороны нового направления ветра к образовавшемуся ранее бугру. Таким путем образуются *бугристые пески* с их характерной перекрещивающейся в разных направлениях *диагональной* слоистостью.

Во время сильных ветров песчинки с большей силой ударяются о препятствия, которыми чаще всего бывают более крупные элементы элювия — камни и хрящ. При этих ударах обкалываются острые углы и ребра песчинок, и они принимают округленные, «*окатанные*» формы. Удары песчинок также постепенно обтачивают все острые, выдающиеся части камней и хряща и выбивают более мягкие элементы обломков горных пород, оставляя более твердые элементы породы в виде гребней. Таким образом получаются фантастические формы «*сотовых*» и «*курчавых*» камней. Так как ветер постепенно выносит из-под камней подстилающие их частички породы, они постепенно под влиянием тяжести теряют равновесие, перекатываются и подставляют под удары песчинок новые поверх-

ности. Поэтому камни такого «*ветрового*» элювия бывают обточены ветром *равномерно со всех сторон.*

Вследствие свевания песчинок элювия в бугристые пески, обнажаются все новые горизонты неизмененной породы, и делювиальные процессы получают все новый материал для снесения вниз по склону.

Ветер не только передвигает песок перекатыванием, но мелкий песок и пыль подхватываются им и разносятся во все стороны вокруг областей распространения элювия, т. е. вокруг наиболее повышенных частей рельефа. Понятно, что наибольшее количество сносимого материала откладывается в верхних частях склонов, на которые заносится песок даже слабыми ветрами.

Из всего вышесказанного вытекает, что в распределении механических элементов поверхностных горизонтов рухляковых пород невыравненного состава должна наблюдаться известная правильность.

Действительно, наиболее повышенные элементы рельефа, так называемые водоразделы, бывают часто покрыты *бугристыми песками.*

Понижения между песчаными буграми *заполнены грубыми хрящевыми и каменистыми породами* ветрового элювия. На верхней трети склонов значительного развития достигают *песчаные породы элювия.*

Спускаясь ниже по склону, мы в последовательном порядке находим *супесчаные и суглинистые породы*, и на третьей трети склона представлена область делювиальных *глинистых пород*, тяжесть которых, т. е. содержание в них глины, растет по мере приближения к подошве склона.

Кроме деятельности делювиальных потоков воды и работы ветра, огромное значение в распределении продуктов выветривания по поверхности суши имеют работа постоянно текущих потоков воды *аллювиальных* вод и работа *ледников.* Работа этих агентов будет рассмотрена в дальнейшем.

Участь элементов пищи растений при выветривании. Если сопоставить то, что было сказано во введении относительно числа элементов пищи, требуемых растениями, с тем, что изложено в настоящей главе, видно, что *в рухляковой породе совсем не содержится элементов пищи растений*, если не считать железа, в котором почти никогда нет недостатка.

Растения предъявляют к почве требование содержания в ней ряда элементов золы. Главнейшие из этих элементов следующие: *фосфор*, *сера*, *калий*, *кальций*, *магний и железо*. Кроме того, почва должна содержать минеральные соединения *азота*.

Выше уже рассмотрена участь соединений калия, кальция и магния. Они при выветривании неизбежно переходят в углекислые соли своих окисей и также неизбежно подвергаются вымыванию. *Фосфор и сера* содержатся во всякой первичной горной породе в форме так называемых *микролитов*, микроскопических кристаллов минералов, взвешенных в жидкой углекислоте, заключенных в микроскопические полости, вакуоли, господствующих минералов породы. Фосфор содержится в виде микроскопических кристаллов *апатита*, трехосновной фосфорнокальциевой соли. Сера содержится в форме микроскопических же кристаллов *пирита*, двухсернистого железа.

При измельчении горной породы под влиянием выветривания эти кристаллы освобождаются от своей каменной оболочки. При этом фосфорнокислый кальций, сравнительно хорошо растворимый *в воде, содержащей угольную кислоту*, легко подвергается вымыванию из рухляковой породы. Освобожденное сернистое железо, пирит, немедленно окисляется, обращаясь в серную кислоту и сернокислую закись железа. Последняя соль окисляется еще дальше и, наконец, обращается в серную кислоту и *окись железа*, которая и остается на месте. Получившаяся в результате той и другой реакции свободная серная кислота немедленно нейтрализуется углекислыми со-

лями, образующимися при выветривании силикатов и алюмосиликатов. Получаются сернокислые соли натрия, калия, магния и кальция; из них первые три легко растворимы в воде, последняя, *гипс*, труднее растворима, но не настолько, чтобы не быть легко выщелоченной из породы вместе с другими солями.

Немногим лучше обстоит дело с осадочными породами, в которых фосфорноизвестковая соль входит в состав остатков организмов или встречается в форме конкреций. В той и другой форме фосфат кальция от быстрого выщелачивания до некоторой степени защищен органическим веществом (хитином), которое его обыкновенно облекает. Кроме того, в осадочных породах, особенно в известняках, как в породах органогенных, фосфор сконцентрирован в гораздо больших относительных количествах, чем в породах первичных.

Оба эти обстоятельства обусловливают гораздо более медленный темп выщелачивания фосфора из осадочных пород. Сера в осадочных породах заключается так же, как и в породах первичных, в виде двухсернистого железа, но в форме минерала *марказита*, который выветривается скорее пирита.

Химическое выветривание внесло в рухляковую породу существенное изменение. Оно обогатило породу новым элементом, чуждым рухляку термического выветривания, элементом с ярко выраженным новым свойством.

Это свойство — функция чрезвычайного относительного развития поверхности, и оно резко сказывается в том, что в породе появилось новое свойство — *связность*, обязанная своим присутствием отложению в массе породы *аморфных частичек ила* мельче 0,001 мм в диаметре.

Немаловажное значение имеет и отложение в массе породы частичек *аморфной кремневой кислоты* крупностью от 0,01 до 0,001 мм. Их значение состоит в том, что они заполняют большие промежутки между крупными *кристаллическими* элементами рухляка. Они влияют на уменьшение количества ила,

необходимого для придания всей массе породы связности. Масса породы, вследствие их присутствия, перестала быть простым сыпучим агрегатом частичек, — она обратилась в *пористое тело.*

Разница между этими двумя состояниями очень велика, она качественная. В новой породе обособился ряд новых свойств нового порядка. Порода стала обладать *волосными*, или *капиллярными*, *свойствами.* Эти новые свойства изменили отношение породы к внешней среде, и резче всего это изменение проявляется в отношении породы к воде и к растворам солей.

Отношение почвообразующих пород к воде. В рухляке термического выветривания отношение к воде выражалось только в проницаемости породы. После прекращения притока воды к поверхности породы вся вода из массы породы под влиянием силы тяжести стекала, кроме ничтожного количества ее, задержанного на поверхности частиц породы в виде тонкого слоя и в виде отдельных разрозненных менисков в точках и линиях соприкосновения частичек породы.

Вода передвигается в такой породе по законам свободного падения или по законам гидростатического давления, лишь *количественно* измененных процессами трения и прилипания.

Отложение между элементами породы тонких аморфных частичек слило все промежутки породы в одну *сплошную* волосную сеть, одинаково развитую во всех направлениях. В такой массе вода передвигается уже по *законам волосности.* Она передвигается независимо от силы тяжести или давления всегда в *направлении от более влажных частей породы к менее влажным. Скорость этого движения прогрессивно-замедленная.*

Величина параметра прогрессии скорости затухания этого движения зависит от начальной скорости движения. Чем *больше* начальная скорость, тем *быстрее* затухает движение, и, наоборот, чем начальная скорость движения *меньше*, тем оно продолжительнее, и тем *медленнее* оно затухает.

В такой породе вся вода из капельножидкого состояния обращается в *волосную*.

Очевидно, что наряду со свойством волосности новая порода приобретает и свойство *влагоемкости*, т. е. начинает развиваться один из элементов плодородия почвы, *способность производить запас воды*.

Вместе с тем ясно, что запас воды, произведенный такой породой, не обладает еще достаточной прочностью. Вся масса породы обладает однородной волосностью, *и весь запас воды* в ней всегда готов *всей своей массой* переместиться туда, куда направит его единственный стимул, определяющий направление и скорость его движения, *разность потенциалов влажности*.

Развитие агрегатного состояния почвообразующей породы. Одновременно с волосным процессом и под влиянием той же основной причины обогащения рухляка илом и аморфной кремневой кислотой в породе, возникшей в результате химического выветривания, развивается и другой порядок процессов.

Под влиянием чрезвычайного развития внутренней поверхности породы частичные силы этой поверхности начинают проявлять свойства коллоидальной среды. Огромная поверхность иловатых частичек равномерно распределена по поверхности частичек аморфной кремневой кислоты. Вследствие того, что аморфная кремневая кислота заполняет все промежутки между кристаллическими элементами породы, последняя как бы насквозь пропитана массой частичек ила.

Огромная поверхность частичек каолина, окиси железа и окиси марганца, а также, вероятно, и аморфной кремневой кислоты начинает играть роль, близкую к роли осадков, находящихся в состоянии коллоидального измельчения. *На поверхности их частичек концентрируется часть тех солей, из взаимодействия которых они произошли*. Эти соли, удерживаемые на поверхности частичек составных элементов ила силой частичного притяжения, *реагируют с циркулирующими в массе*

породы растворами солей, обмениваясь с ними в эквивалентных отношениях анионами и катионами. В породе начинается развитие нового свойства, *поглотительной способности*, которое будет рассмотрено в дальнейшем.

Здесь уместно будет указать только на значение этого свойства, *поглотительной способности*, или *адсорбции*. Обыкновенно предполагают, что это свойство прямо выражает способность породы удерживать в себе запас зольной пищи растений. Адсорбция это свойство проявляет лишь косвенно, и ее преобладающее значение иного порядка.

Под влиянием химического выветривания в рухляке образуется *углеизвестковая соль*. Бо́льшая часть этой соли вымывается из породы, но часть ее удерживается силой частичного притяжения на поверхности иловатых частичек рухляковой породы.

Значение этого процесса очень велико. Под его воздействием механические элементы породы поддерживаются в состоянии *агрегатов*. Вся масса породы расчленяется на отдельные самостоятельные агрегаты, или *системы*. Причины этого процесса мне пока неясны.

Все процессы в таких агрегатах протекают совершенно изолированно от других агрегатов. Особенно большое влияние эта изолированность агрегатов оказывает на связность породы и на ее водный режим. *Связность каждого отдельного агрегата может быть очень велика, но связность всей массы породы выражена очень слабо*, так как поверхность соприкосновения агрегатов друг с другом очень невелика по сравнению с величиной поверхности соприкосновения между собой механических элементов, слагающих агрегаты.

То же касается и отношения агрегатной породы к воде. *Проницаемость породы очень велика*, ибо, попав в массу породы, вода сразу всасывается агрегатами и в них принимает свойства волосной воды, и так как агрегаты изолированы друг от друга, то и *вода в них становится совершенно неподвижной.*

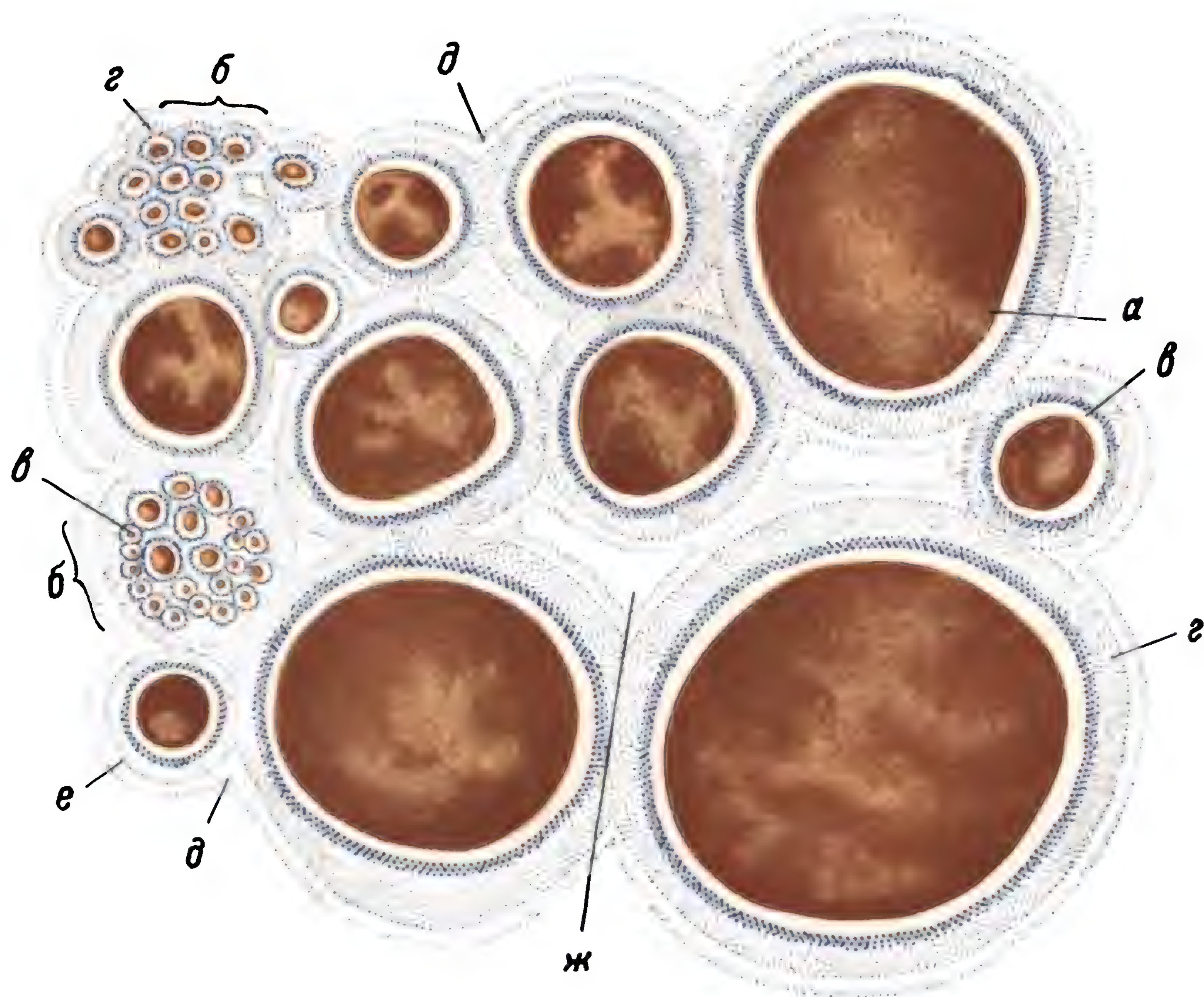


Рис. 1. Распределение воды и воздуха в массе почвы:

а — частички почвы, *б* — комки почвы, *в* — слой гигроскопической воды, *г* — пленочная вода вокруг каждой частички почвы, *д* — мениски волосной воды между частичками и комками, *е* — волосная вода, *ж* — полости воздуха.

Тем самым волосные ходы самой массы рухляковой породы остаются открытыми для дальнейшего волосного движения. Таким образом беспрерывно парализуется закон прогрессивного затухания скорости волосного движения воды, и агрегатная порода приобретает свойства так называемой *всасывающей* породы. Запас воды в агрегатах такой породы приобретает свойство обеспеченности, — он не передвигается волосным движением.

Но когда порода, обладающая агрегатным состоянием, по той или другой причине лишается углекислой извести, *агрегатное состояние породы переходит в раздельночастичное.* В таком состоянии порода приобретает большую связность, и вся вода в ней сливается в одну сплошную подвижную массу волосной воды.

Из всего вышеизложенного необходимо сделать один основной вывод, что *из горной породы только процессы выветривания почвы создать не могут.* Эти процессы могут только подготовить горную породу к процессу образования из нее почвы, положить только начало возможности развития тех отношений к воде и элементам пищи растений, одновременное наличие которых составляет существенный признак почвы, ее *плодородие.*

Под воздействием процессов выветривания из массивной горной породы образуется рухляковая порода, которая обладает только зачатками существенного свойства почвы. Такие породы носят название *почвообразующих*, или *материнских*, пород, и совокупность процессов, путем которых на почвообразующей породе развивается почва, носит название *почвообразовательного процесса.*



Глава вторая

ОБЩАЯ СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Накопление в почве элементов пищи растений.— Большой, геологический круговорот веществ.— Поглотительная способность почвы.— Избирательность поглотительной способности почвы.— Избирательная поглотительная способность — свойство зеленых растений, а не почвы.— Синтез и разрушение органического вещества как сущность почвообразовательного процесса.— Малый, биологический круговорот зольной и азотной пищи растений.— Количественная ограниченность биологически важных элементов.— Группы наземных зеленых растений.— Отложение отмершего органического вещества группами зеленых наземных растений.—Группы низших бесхлорофилльных растений.— Растительные формации в аспекте почвоведения.— Перегнойные вещества почвы.— Природный перегной как продукт синтеза низших незеленых растений.— Лизиметры.— Природные перегнойные кислоты.— Ульминовая кислота.— Гуминовая кислота.— Креновая, или ключевая, кислота.— Апокреновая, или осадочноключевая, кислота.— Анаэробное разложение органического вещества в природных условиях.— Аэробно-бактериальное разложение органического вещества в природных условиях.— Разложение мертвого деревянистого органического вещества грибным процессом.

Рухляковая порода, из которой развивается почва, для того чтобы стать последней, должна накопить ряд количественных изменений, которые в своей общей совокупности сложатся в качественный признак, в существенное свойство почвы, *плодородие*. Во время процесса выветривания тем же путем в породе постепенно возникают и развиваются свойства, обеспе-

чивающие развитие *первого элемента плодородия, отношения к воде.* Сначала возникает проницаемость, далее развилась волосность, наконец, появились зачатки влагоемкости. Каждое из этих отдельных свойств в своем высшем проявлении представляет как бы антитезу другого. Большая проницаемость, т. е. крупность промежутков между частичками почвы, исключает большую волосность. Сильно выраженная волосность мешает проявлению значительной влагоемкости, так же как при высшем развитии влагоемкости окончательно затухает волосность. Между тем осуществление условий плодородия требует наличия одновременного присутствия всех этих свойств в их ясном выражении.

Накопление в почве элементов пищи растений. Одновременно в почвообразующей породе для осуществления наличия *второго элемента плодородия* должны *скопиться в возможно большом количестве и в усвояемых соединениях элементы пищи, необходимые для построения органического вещества.*

Все необходимые зольные элементы находятся в горных породах, но в совершенно различных количественных соотношениях, причем количественное содержание элементов пищи растений в горных породах находится почти в правильном обратном отношении к величине потребности в них растений. Наибольшие требования растения предъявляют к *азоту*, — *в горных породах азота совсем не содержится.* Дальше следует фосфор, требуемый растениями также в значительных количествах, — в горных породах фосфор содержится в таких ничтожных количествах, в состоянии такого редкого рассеяния по всей массе породы, что присутствие его во всех породах удалось установить лишь после выработки очень точных способов его определения. Дальше в нисходящем порядке следуют калий и сера; они присутствуют в породах уже в значительных количествах. Затем кальций и магний требуются растениями в очень малых количествах, и в породах их почти всегда избыток. Наконец, ничтожная потребность растений в железе

и марганце встречает почти неограниченное количество их в породах.

Из рассмотрения процессов выветривания с очевидной ясностью вытекает, что этот процесс ни в какой мере не может служить объяснением факта концентрации в почве элементов пищи растений. Процесс выветривания служит только первоначальным толчком для переведения веществ пищи в усвояемое растениями состояние, в форму растворимых в воде соединений или для освобождения их от каменной оболочки горных пород.

Большой, геологический круговорот веществ. Но самый факт обращения элементов пищи растений при процессе выветривания в растворимое в воде состояние подчиняет их *большому, геологическому круговороту веществ.*

Вода беспрерывно испаряется с поверхности океана, падает дождем на поверхность суши, пропитывает кору выветривания, растворяет в ней все растворимое и в реках уносит все растворенное в океан. Часть унесенных этим путем элементов пищи растений усваивается планктоном моря и дальше, служа пищей рыбам, вновь возвращается на сушу с вылавливаемой птицами, животными и человеком рыбой. Но преобладающее количество элементов пищи растений остается в океане в виде отмерших организмов и их отбросов, принимая участие в образовании осадочных горных пород. Пройдут геологические эпохи, пока эти породы станут сушей. Очевидно, что почва должна обладать способностью удерживать и таким путем концентрировать элементы пищи растений.

Поглотительная способность почвы. В самые ранние периоды развития почвоведения предполагали, что во время выветривания горных пород в рухляке образуются из продуктов выветривания новые минералы, водные силикаты, которые, подобно минералам *цеолитам*, обмениваясь основаниями с солями, образующимися при выветривании породы, способны удерживать элементы пищи растений в почве. Эти минералы

называли *почвенными цеолитами* и считали, что они содержатся в тончайшей глинистой части почвы и от количества их зависит степень так называемой *поглотительной способности почвы*, или ее адсорбции.

Это представление было скоро опрокинуто. Оно противоречит основному закону, по которому *конечные продукты процесса не могут войти во взаимоотношения при термодинамических условиях своего образования.* Цеолиты — минералы *глубинные* и на дневной поверхности земли быстро подвергаются выветриванию с образованием знакомых нам конечных продуктов выветривания алюмосиликатов.

Если взять три почвы, супесь, суглинок и торфяную, то окажется, что поглотительная способность супеси едва выражена, она очень сильна в суглинке и в торфяной почве выражена настолько, что поглощенные ею основания становятся даже недоступными растениям. Между тем глинистых элементов, количество которых должно было бы определять степень поглотительной способности почв, содержится в супеси и в суглинке одинаковое количество (около 4%), а в торфяной почве их совсем нет.

Наконец, можно привести такое соображение: наш кишечный канал обладает несомненной поглотительной способностью. Из сложнейшей пищевой смеси он поглощает те минеральные элементы, которые нужны организму, — фосфор, известь, серу. Неужели можно из этого сделать заключение, что у нас в кишках находятся цеолиты?

Повидимому, не стоило бы останавливаться на таких архаизмах, но еще до сих пор приходится встречаться с указаниями на цеолиты почвы. И до сих пор еще пользуются «методом аналогии» для построения «научных» гипотез, особенно часто в области почвоведения.

Указывали далее на абсорбцию и на адсорбцию как на причины концентрации в почве элементов пищи растений. Но, как будет видно дальше, абсорбируются не основания или

кислоты, а соли или молекулы. Адсорбируются так называемые обменные основания, т. е. катионы ионизированных молекул, которые в адсорбированном состоянии сохраняют способность обмениваться в эквивалентных отношениях со всеми другими катионами присутствующих в почвенном растворе солей оснований с сильными кислотами. Поэтому *адсорбированные основания представляют чрезвычайно подвижный комплекс соединений, которому совершенно чужда функция накопления и концентрации.* Кроме того, адсорбция совершенно лишена *избирательной способности.*

Избирательность поглотительной способности почвы. Между тем почва отличается от образующего ее рухляка именно своей *избирательной* способностью концентрировать и накапливать *элементы зольной пищи растений.*

Сопоставление и анализ ряда процессов, наблюдаемых в природе, привели к верному объяснению причин основного отличия почвы от материнской породы. Уже пример приведенного в предыдущей главе увеличения содержания концентрации фосфора в осадочных известняках дает ясное представление о характере процесса. Избирательная поглотительная способность кишечного канала высших животных, приведенная выше как пример суждения по аналогии, дает подобное же указание; повышенная поглотительная способность торфяных почв — все это процессы одного порядка. Обогащение почвы азотом, вследствие роста на ней бобовых, усваивающих свободный азот воздуха, тоже факт, в котором *биологические процессы неизменно связаны с концентрацией жизненно важных элементов.*

Нам известно только одно состояние минерального вещества, совершенно *защищенного от растворения в воде,* — *это состояние живого органического вещества.* Как только органическое вещество отмирает, его элементы минерализуются, тотчас делаются растворимыми в воде и поступают в большой, геологический круговорот воды. Они устремляются по направлению к океану, где на геологические периоды будут по-

гребены в недоступных биологическим элементам суши глубинах.

Избирательная поглотительная способность—свойство зеленых растений, а не почвы. Самое общее представление о причине концентрации зольных элементов пищи растений и азота

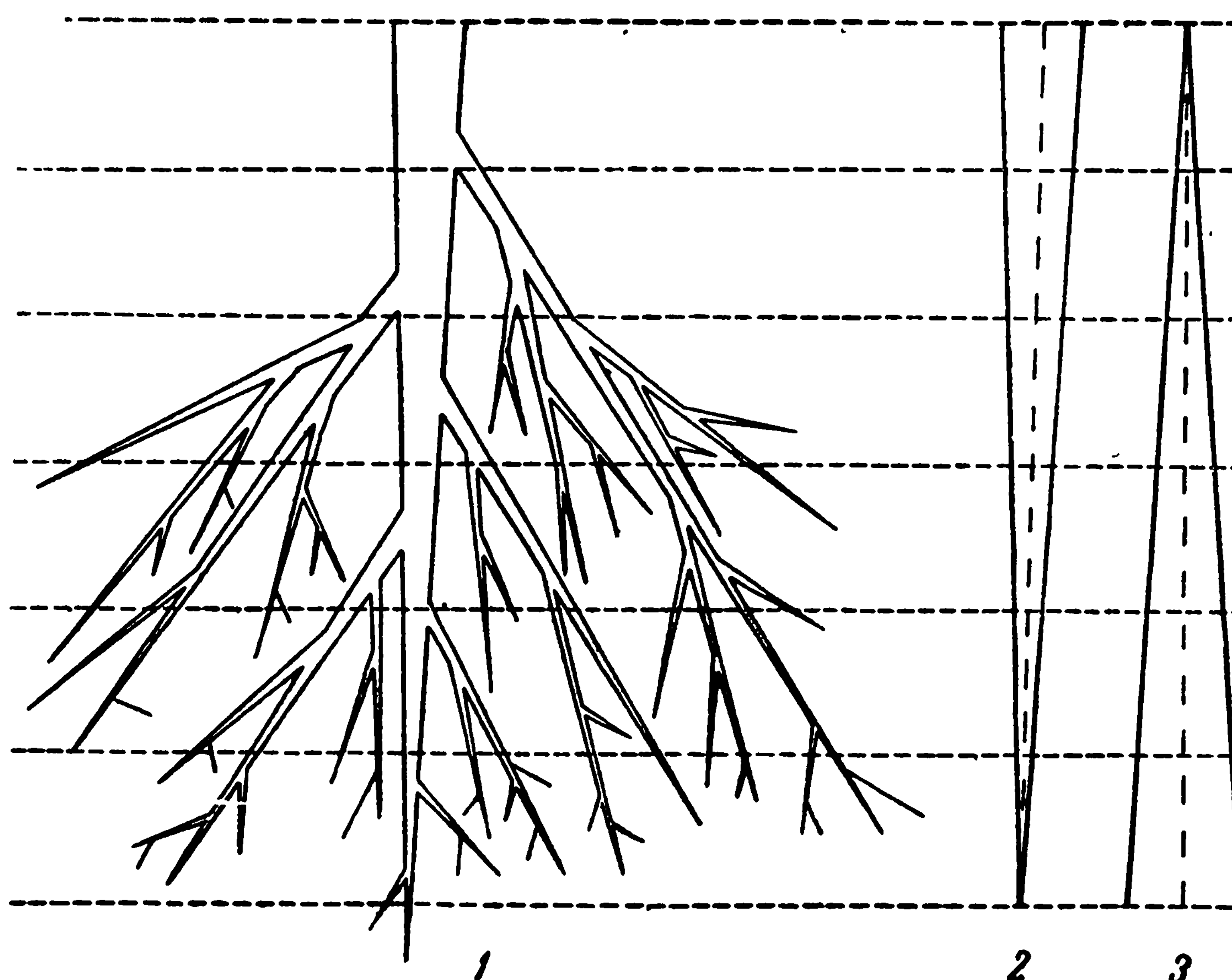


Рис. 1. Схема распределения массы и длины корневой системы зеленых растений по горизонтам почвы:
1 — общая схема, 2 — масса корневой системы, 3 — длина корневой системы.

в поверхностных горизонтах рухляковой породы легко составить на основе анализа распределения массы корневой системы зеленых растений и ее длины в послойно углубляющихся горизонтах почвы или породы. Всякому известно, что если из рыхлой почвы выкопать любое растение и отмыть приставшую к его корням землю, то вынутые из воды корни расположатся в форме конуса, обращенного основанием вверх и вершиной вниз. Если высушить полученную таким образом корневую

систему и разрезать ее по длине на равные отрезки, то взвешиванием легко установить, что наибольший вес или масса корней расположена сверху. По мере удаления от поверхности в глубину масса корней уменьшается (рис. 1).

В диаметрально противоположном направлении развита длина корней по горизонтам. В поверхностном горизонте мы видим всего несколько наиболее толстых корней или один главный корень. Чем глубже мы будет опускаться по горизонтам вниз, тем все больше будут ветвиться корни, и одновременно они будут становиться все тоньше.

Припомним также, что всасывание корнем воды осуществляется только посредством корневых волосков и что только в состоянии водного раствора элементы золы и соединения азота могут проникнуть в корень. Продолжительность существования корневых волосков не превышает одних суток, и на участке корня, на котором отмерли корневые волоски, они уже больше не возобновляются, кожица корня превращается в пробковую ткань, и поступление воды в растение через этот участок корня прекращается.

Ясно, что главная масса элементов поступает в корень из нижних горизонтов почвы, в которых длина молодых корней наиболее развита, и следовательно, глубокие горизонты породы обедняются сильнее верхних элементами золы и азотом.

Усвоенные из почвы элементы золы и азот откладываются растением в синтезированном им органическом веществе. И если даже пренебречь надземной массой, то и в корневой системе эти элементы распределяются пропорционально массе органического вещества, т. е. преимущественно в верхних горизонтах породы. В них же проникают после разрушения надземных частей растений нелетучие части органического вещества.

Таким образом, самый факт биологического процесса роста и развития растений, а следовательно, и образования органического вещества заключает в себе моменты, которые при-

водят к развитию второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов зольной пищи растений и азота.

Синтез и разрушение органического вещества как сущность почвообразовательного процесса. Само собой понятно, что приведенный процесс представляет лишь самую общую, самую широкую схему. В природном проявлении мы встречаем чрезвычайно сложный комплекс процессов, развертывающихся на общем фоне этой руководящей схемы.

Прежде всего в основной процесс врывается другой, также биологический, но противоположный первому процесс разрушения органического вещества гетеротрофными организмами.

Малый, биологический круговорот зольной и азотной пищи растений. Оба процесса неразрывно взаимно связаны, составляя в совокупности *малый, биологический круговорот зольной и азотной пищи растений.*

Этот биологический круговорот развертывается на части траектории большого, геологического круговорота веществ в природе, и *выяснение преобладающего направления и темпа процессов, слагающих биологический круговорот, и представляет задачу первого раздела почвоведения как науки. Изучение же способов регуляции направления и темпа явлений, слагающих те же процессы, составляет задачу второго раздела почвоведения, земледелия.*

Прежде чем перейти к изучению отдельных моментов почвообразовательного процесса, необходимо установить следующее основное положение.

Развитие второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов пищи растений, представляет функцию развития самого растения на рухляковой почвообразующей породе.

Вместе с тем уже выше было выяснено, что под влиянием процессов выветривания элементы пищи растений неминуемо подвергаются выщелачиванию из рухляка выветривания.

Из сопоставления этих двух положений с очевидностью вытекает третье основное положение. *Очевидно, что оба цикла*

процессов, и выветривания, и почвообразования, должны неминуемо протекать одновременно и совместно.

Процесс почвообразования не может ни предшествовать процессу выветривания, ни осуществляться по окончании процесса выветривания. Первый случай неосуществим вследствие того, что основной фактор почвообразовательного процесса, растительный организм, не будет иметь необходимой ему воды. Во втором случае тот же растительный организм будет лишен зольных элементов пищи.

Оба процесса должны осуществляться в порядке развития одновременно и совместно, и степень развития одного неминуемо определит степень развития другого.

Количественная ограниченность биологически важных элементов. В основе малого или биологического круговорота веществ на земном шаре лежит свойство всех элементов земли, *их количественная ограниченность.* В особенно выраженной форме это свойство касается элементов зольной пищи растений, без которых невозможно создание органического вещества, носителя потенциальной энергии, преобразованной зелеными растениями из кинетической энергии солнечного луча.

Единственный способ придать элементу конечному, количественно ограниченному, свойство бесконечного — это придать ему циклическое движение, заставить его вращаться в круговороте.

Природа широко использует этот принцип. Он покоится в основе симбиотических отношений между категориями организмов, которые путем продолжительного природного отбора выработали эти взаимоотношения. Ими из большого абиотического круговорота веществ на земном шаре вырывается ряд элементов, которые, постоянно увлекаемые в новый, малый, по сравнению с большим, биологический круговорот, надолго, если не навсегда, вырываются из траектории большого круговорота и вращаются непрерывно расширяющейся спиралью в обратном направлении в малом, биологическом. На безжиз-

ненном фоне геологических процессов возникает и развивается жизнь.

С точки зрения почвоведения жизнь есть беспрерывная смена процессов создания и разрушения органического вещества. Так как эта беспрерывная смена производит как беспрерывные, так и скачкообразные изменения в условиях среды, в которой она совершается, то всякое новое поколение живого, наиболее приспособленное к новым условиям, должно нести в себе отличия, определяемые новыми условиями среды. Накопляясь, эти изменения неминуемо приводят к глубоким качественным различиям, которые в геологической перспективе мы воспринимаем как эволюцию. Плавность ничтожных количественных изменений часто ускользает от нашего внимания. Мы их воспринимаем лишь тогда, когда они сложились в качественное различие, в скачок. Качественные различия скачков мы и воспринимаем как революционные моменты эволюции.

Почвообразование представляет один из следов этого беспрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности. *Это один общий, грандиозный по масштабу и продолжительности процесс*, зародившийся в то время, когда термодинамические и электрохимические условия безжизненных процессов развития Земли определили появление жизни, которая в дальнейшем своем развитии определяет и смену геологических эпох. Но наука была в состоянии уловить лишь наступление качественных изменений эволюции почвообразования, которые и отличала как *периоды*, *стадии* и *фазы* его развития в современную геологическую эпоху.

При изучении взаимоотношения процессов создания и разрушения органического вещества необходимо разобраться в общих свойствах организмов, участвующих в процессах, и в совокупности последствий их жизнедеятельности, составляющей сущность процесса почвообразования.

Из организмов, создающих органическое вещество, в почвоведении будут рассмотрены преимущественно *наземные зеленые*

растения. Хемотрофные организмы будут рассмотрены лишь постольку, поскольку их участие в почвообразовательном процессе уже изучено.

Из организмов, разрушающих органическое вещество, в почвоведении рассматривается лишь деятельность *бесхлорофилльных растений.* Про участие животных и человека обыкновенно говорят, что оно мало изучено и не укладывается еще в рамки систематического изложения. Если это утверждение и справедливо по отношению к низшим животным, то оно совершенно не приложимо к влиянию высших животных и человека. *Оно настолько полно изучено, что уже представляет предмет особого раздела почвоведения, земледелия.*

Группы наземных зеленых растений. С точки зрения участия в почвообразовательном процессе все разнообразие наземных зеленых растений, *обладающих корневой системой*, укладывается в две основные группы: *растений деревянистых и растений травянистых.*

Отличие этих двух групп можно свести к нескольким моментам.

Растения деревянистые все *многолетние.* Продолжительность их жизни измеряется десятками лет, часто столетиями, иногда тысячелетиями. В противоположность первой группе растения травянистые — *однолетники.* Это утверждение как будто противоречит существованию «многолетних» злаков, осок, ситников, луковичных. На самом деле, у этих растений все вегетативные органы, стебли, листья и корни, существуют только один год и все растение целиком ежегодно отмирает, кроме созревших семян и подземных побегов, из которых на следующий год развивается новое растение с новой корневой системой, вновь целиком отмирающее после созревания семян и зимующих побегов.

Однолетние травянистые размножаются только семенами, которые могут быть отнесены на большие расстояния от материнского растения. «Многолетние» травянистые, кроме семян,

размножаются еще и подземными зимующими побегами. Последние отходят от материнского растения на незначительное расстояние и на следующий год развиваются рядом с местом, занимавшимся отмершим материнским растением, создавая этим *иллюзию многолетности*.

Группу действительно многолетних *травянистых* растений составляют только мхи, зеленые и сфагновые, которые занимают особое место в почвообразовательном процессе, но у них *совершенно отсутствует корневая система*.

Соединительное звено между многолетними и однолетними растениями составляют две группы растений. К первой принадлежат многолетние травянистые бобовые и немногие другие, у которых ежегодно отмирают все надземные органы, *но корень и травянистая корневая шейка живут несколько лет*, образуя ежегодно новые надземные стебли и поверхностные корни. Их можно называть *полутравянистыми*.

Вторая группа — так называемые *полудеревянистые* растения, или *полукустарники*, которые, кроме многолетней корневой системы, обладают еще и подземными деревянистыми стеблями или *деревянистой* простой или разветвленной корневой шейкой или пеньком. Из этих деревянистых подземных органов развиваются ежегодно отмирающие травянистые стебли.

Кроме разобранного основного отличия, группа деревянистых растений отличается еще и тем, что все органы их содержат значительное количество *древесины*. Древесина придает всем частям деревянистых растений свое существенное свойство, *упругость*, степень которой возрастает вместе с увеличением влажности части деревянистого растения.

Вместе с древесиной все части деревянистых растений пропитаны *дубильными веществами*, как растворимыми в воде, так и их нерастворимыми производными Эти вещества придают всем частям деревянистых растений *характерный вяжущий вкус*.

Кроме дубильных веществ, во многих деревянистых растениях, например, в хвойных и вересковых (?) содержатся и *настоящие смолы*. Смолы представляют раствор смеси *свободных смолевых кислот*, пимаровой, абиэтиновой, сильвиновой и других, в смеси углеводородов, в скипидаре.

Эти кислоты после отгонки скипидара получаются в виде всем известной канифоли.

В противоположность деревянистым, все травянистые растения содержат лишь небольшое количество древесины, почему их органы и отличаются лишь *малой упругостью* в сухом состоянии и совершенно утрачивают ее в мокром или влажном состоянии. Они не обладают и устойчивой кислой реакцией. Кислый вкус некоторых травянистых растений зависит от содержания в их *клеточном соке* кислых солей и свободных кислот, щавелевой, яблочной, лимонной, реже других. Эти соединения только *растворены в клеточном соке*, а не пропитывают вещества тканей, и поэтому после отмирания растений легко вымываются дождевой водой из мертвых остатков, которые вскоре после отмирания приобретают *нейтральную реакцию*.

Сопоставляя все вышеизложенное, мы найдем глубокую разницу во влиянии этих двух групп растений на ту среду, в которой они развиваются.

Отложение отмершего органического вещества группами зеленых наземных растений. Деревянистые растения отлагают в течение года мертвое органическое вещество, отпадающие листья или хвою, отмершие ветви, чешуи коры и т. д., *исключительно на поверхности породы*. В массе породы в течение года деревянистые растения не откладывают мертвого органического вещества, — их корни многолетни.

Мертвое органическое вещество под пологом деревянистых растений откладывается *рыхлым слоем* вследствие своей упругости, и поэтому масса его легко проницаема в равной мере как для воды, так и для воздуха. Отложившееся органическое вещество всегда содержит дубильные вещества (рис. 2).

Травянистые растения ежегодно откладывают мертвое органическое вещество как на поверхности почвы, так и в массе ее. Если припомнить, что надземная масса травянистых растений служит главной пищей многочисленным травоядным, в противоположность мертвым отбросам деревянистых, то необходимо притти к заключению, что мертвые остатки травянистых откладываются *преимущественно в массе почвы.*



Рис. 2. Дубильные вещества в коре и древесине бука.

Отложенное травянистыми органическое вещество почти не обладает упругостью, и вскоре после отмирания его в нем устанавливается нейтральная реакция.

Группа травянистых растений ярко подразделяется на две самостоятельные группы: луговые и степные растения. Эти последние две группы не отличаются резко по видовому составу. Между тем мы достаточно ярко различаем понятия *луг и степь.* Различие между ними основано только на моменте ежегодного отмирания травянистого покрова этих природных угодий.

Луг отмирает *в начале зимы*, с наступлением устойчивых морозов. Замерзание почвы, т. е. переход содержащейся в ней воды в твердое состояние, не доступное корням растений, определяет наступление момента *физиологической сухости* почвы.

Условия среды в момент отмирания массы органического вещества луговых растений ясны. Глубокой осенью почти все промежутки почвы заполнены водой. Во всяком пористом теле

вода и воздух — антагонисты на основании простой аксиомы физики, что два тела одновременно не могут занимать одно и то же пространство. Весной, когда почва оттает, количество воды в ней достигает своего максимального содержания, и следовательно, на основании предыдущего, содержание воздуха в почве достигает своего минимума. Условия температуры не требуют пояснений.

Степь отмирает летом, и не вследствие относительного недостатка в воде, а вследствие ее действительного отсутствия. Наступает не физиологическая, а *физическая сухость* почвы. Растительность степи сама испарила всю воду из почвы для создания своего урожая. Совершенно ясно, что органическое вещество, отмершее в степной почве, окажется в условиях, диаметрально противоположных тем, в которых оказывается органическое вещество луга в момент своего отмирания. В почве степи в это время влажность будет в минимуме, а аэрация, содержание воздуха, в максимуме.

Кроме того, для возможного освещения начальных моментов развития почвообразовательного процесса необходимо рассмотреть и значение синтезирующих органическое вещество хемотрофных микроорганизмов. Это будет сделано в дальнейшем.

Группы низших бесхлорофилльных растений. Что касается организмов, *разрушающих органическое вещество*, использующих его как источник энергии и пищи, то, как уже было указано выше, будет рассмотрено только участие в почвообразовательном процессе *низших, бесхлорофилльных растений.*

Прежде всего все бесхлорофилльные растения распадаются на две большие группы. Первая группа — растения, разрушающие органическое вещество в присутствии свободного кислорода воздуха, или *аэробные* организмы. Вторую группу составляют растительные организмы, разрушающие органическое вещество в отсутствие свободного кислорода воздуха,— *это анаэробные организмы.*

Группа анаэробов состоит только из одного ботанического класса растительных организмов. Ее слагают только анаэробные бактерии.

Что касается группы низших аэробных растительных организмов, то в состав ее входят два класса растений, аэробные бактерии и грибы (и актиномицеты).

Таким образом имеются три группы незеленых низших растений, разрушающих органическое вещество:

1) *анаэробные бактерии*,
2) *аэробные бактерии и*
3) *грибы* (*и актиномицеты*).

Группы бактерий отличаются от группы грибов и актиномицет, кроме морфологических и других признаков, изучаемых ботаникой, еще и своими отношениями к условиям среды, в которой они развиваются. Группы тех и других бактерий требуют для своего развития *нейтральной* или слабощелочной реакции среды, и присутствие в среде дубильных веществ служит непреодолимым препятствием для их развития. Дубители — антисептики против бактерий. Грибы и актиномицеты мирятся и с ясно выраженной *кислой* реакцией.

Растительные формации в аспекте почвоведения. При сопоставлении требований трех групп незеленых растений с условиями среды мертвого органического вещества, ежегодно отлагаемого тремя группами зеленых наземных растений, обнаруживается полное согласие между этими требованиями и создающимися условиями.

Деревянистые растения скопляют мертвое органическое вещество на поверхности почвы. Мертвые остатки этих растений всегда содержат дубильные вещества и лежат рыхлым слоем на поверхности почвы, т. е. в условиях полного аэробиозиса.

Перечисленные условия в точности отвечают требованиям грибов, настолько строго, что влияние бактерий на древесину и все органы деревянистых растений исключено. Дубильные

вещества представляют непреодолимое препятствие для развития бактерий на всех органах деревянистых растений. Дубление применяется для предохранения от бактериального разложения такого легко гниющего вещества, как кожа. Между тем всякий из личного опыта знает, что дубление не предохраняет кожу от разложения грибами. При благоприятных условиях влажности дубленая кожа в сыром помещении легко плесневеет.

Мертвые органические остатки травянистых растений совершенно удовлетворяют требованиям бактерий, и на них редко наблюдается массовое развитие грибов, вероятно, вследствие соперничества бактерий. Из предыдущего ясно, что в условиях отложения остатков луговых растений будут преимущественно развиваться анаэробные бактерии, тогда как в условиях отложения мертвых остатков степных растений деятельность анаэробов совершенно исключена и господствует исключительно жизнь аэробных бактерий.

Природные комбинации этих групп зеленых и бесхлорофилльных растений называются в почвоведении растительными формациями.

Отличают следующие растительные формации наземных растений:

1. Деревянистая растительная формация, слагающаяся из сожительства деревянистых зеленых растений, грибов, актиномицет и, как это будет видно дальше, анаэробных бактерий.

2. Луговая травянистая растительная формация, в которой сожительствуют луговые травянистые зеленые растения, аэробные бактерии и в резко выраженном преобладании анаэробные бактерии.

3. Степная травянистая растительная формация, состоящая всего из двух членов, степных травянистых зеленых растений и аэробных бактерий.

Повидимому, необходимо выделить и четвертую:

4. Пустынную растительную формацию, в которой роль организмов, созидающих органическое вещество, делится в последовательном порядке между хемотрофными бактериями и водорослями, а роль организмов, разрушающих мертвые остатки этих организмов, принадлежит в таком же последовательном порядке бактериям обоих типов и грибам.

Эта растительная формация еще очень мало изучена, главным образом, вследствие трудной доступности областей ее незамаскированного проявления. Прежде чем перейти к изучению обоюдного взаимодействия элементов растительных формаций и почвообразующей породы, необходимо вникнуть в некоторые отличительные признаки почвы.

Перегнойные вещества почвы. Из числа таких признаков давно обратило на себя внимание содержание в почвах перегноя. Было время, когда содержание перегноя считалось признаком, отличающим почву от материнских пород. В настоящее время этот признак оставлен, так как мы знаем наземные образования, не содержащие перегноя, которым мы не можем отказать в названии почв; к таким принадлежат, например, почвы степной зоны.

Перегнойные вещества уже давно были основательно изучены Берцелиусом. Попытки уточнения результатов, полученных этим ученым, привели к чрезвычайной путанице. Мульдер и Детмер, предполагая получить перегнойные вещества в чистом виде, отождествили, на основании *только сходства цвета*, природные перегнойные соединения почвы с теми продуктами, которые получаются в результате воздействия кислот и щелочей на углеводы: сахар и крахмал. Впоследствии группу окрашенных веществ, получаемых из углеводов, стали называть *искусственными перегнойными веществами*. Эти искусственные перегнойные вещества — *безазотные тела* — и представляют соединения иного порядка, чем природные перегнойные соединения. Последние *все содержат азот, входящий в значительном количестве в состав их молекулы.*

Кроме сказанного, почти все исследователи пользуются для извлечения перегнойных веществ растворами гидратов щелочей, их углекислых солей или фосфорнокислых щелочей. При этом получается сложнейшая вытяжка из всех живых и мертвых элементов почвы, и считать черную жидкость, вытекающую из почвы при этих условиях, за раствор перегнойных веществ нельзя. Такую черную жидкость можно получить из любого органического тела: муки, соломы, сена, опилок, трупа любого животного.

Насколько осторожно нужно относиться к «анализам» перегнойных веществ, можно видеть хотя бы из того, что часто при анализе навеску почвы предварительно обрабатывают по способу Грандо соляной кислотой и промывают водой для удаления всего «растворимого» перегноя. После удаления этого «растворимого» перегноя из почвы, раствором щелочи выделяют «нерастворимый» перегной, и после ряда операций определяют и находят в нем «растворимый» перегной, хотя он весь уже удален.

Чрезвычайная путаница во взглядах на перегнойные вещества привела, наконец, к признанию их «коллоидальными» веществами. Само собой разумеется, что это слово ничего не объясняет, так как коллоидальных веществ нет, а известно только *состояние коллоидального измельчения тел.*

Обыкновенно рассматривают перегнойные вещества как *промежуточные продукты окисления органических веществ*, синтезированных зелеными растениями. Это крайне неопределенное понятие — пережиток того времени, когда разрушение органического вещества рассматривалось как чисто абиотический процесс, и с таким определением нельзя согласиться.

Существенное свойство всех промежуточных продуктов — их *неспособность к накоплению в условиях их образования*, так как при этих условиях они немедленно переходят в конечный продукт. Между тем скопляются колоссальные массы перегноя,

например, в черноземе, где количество перегноя достигает 14—17%, и в торфяных почвах, где это количество нередко достигает 20—25%.

В отношениях между распадающимся телом и продуктами его распада также должны существовать определенные зависимости. *Очевидно, что продукты распада должны быть молекулярно проще, чем распадающееся тело.* В противном случае можно говорить только о *синтезе*, но не о распаде. Между тем все исследователи единогласно приходят к убеждению, что молекулярный вес перегнойных веществ чрезвычайно велик. Молекула перегнойных веществ сложнее, чем молекула белков, одного из самых конституционно сложных растительных веществ, «образующих» при своем распаде перегной.

Очевидно также, что продукты распада не могут содержать таких химических элементов, которые не содержались в распадающемся теле. В противном случае также должно говорить *о синтезе*. Между тем при распаде углеводов, не содержащих азота, получается перегнойное вещество, в котором конституционного азота больше, чем в белковых веществах.

Все эти соображения категорически не позволяют остаться на старой точке зрения, рассматривающей перегной как продукт распада органического вещества, *не только промежуточный, но и конечный.*

Природный перегной как продукт синтеза низших незеленых растений. Теперь коренным образом изменился взгляд на причины распада природного органического вещества.

Необходимо признать за природным органическим веществом как за конечным продуктом той комбинации процессов, которая называется жизнью, свойство устойчивости при термодинамических условиях его образования. Природное органическое вещество может быть разрушено абиотическим путем только при *изменении термодинамических условий его образования.* Его можно сжечь, подвергнуть сухой перегонке при нормальном или измененном давлении, или оно может подвергнуться дей-

ствию катализаторов или *энзим*, работа которых сводится к нарушению динамических условий его образования.

При термодинамических условиях своего образования природное органическое вещество может быть разрушено только биологическим путем.

Всякий жизненный процесс неизменно связан с выделением организмом ряда отбросов. Эти отбросы могут быть двоякого происхождения. Или они продукты обмена веществ, т. е. продукты распада того органического вещества, которое служит источником энергии и пищи организма, или они представляют энзимы и другие вещества, которые выделяются организмом во внешнюю среду для воздействия на органическое вещество, источник энергии организма, или его пищи, или для создания условий воздействия этих энзим.

Все отбросы организма обладают одним общим свойством. Все они представляют яды (токсины) по отношению к выделившему их организму и ко всем организмам того же порядка. *Они могут накопляться в среде, окружающей организм, только до известного, очень невысокого предела, после которого их присутствие начинает действовать угнетающим образом на жизнедеятельность организма, и при дальнейшем их накоплении жизнедеятельность организма прекращается, и организм отмирает.* Примером этого может служить угольная кислота, которую мы выдыхаем и присутствие которой в атмосфере в количестве только 0,5% делает последнюю безусловно смертельной. Другим примером может служить желчь, смесь нескольких ферментов и других веществ, необходимых при пищеварении. Мы постоянно выбрасываем отработавшую желчь, но при некоторых болезнях наступает смертельное, острое отравление желчью.

В природных условиях происходит беспрерывное взаимное оздоровление среды обитания благодаря процессу *симбиоза организмов разных порядков.* Отбросы организмов одного порядка разрушаются организмами другого порядка. Пример симбиоза

в масштабе земного шара: люди и животные и все зеленые и незеленые растения непрерывно выделяют углекислоту; зеленые растения непрерывно ее разрушают, сводя содержание углекислоты в атмосфере к безвредному минимуму в 0,03%.

Отбросы второго порядка, энзимы, выделяемые организмами, обладают рядом общих свойств. *Все они представляют тела с большим содержанием азота, источника динамической энергии, и все они отличаются чрезвычайной сложностью состава и молекулярного строения.*

Перегнойные вещества почвы отвечают этим двум условиям, и напрашивается мысль, на которую наводит все вышеизложенное, что главная масса почвенного перегноя представляет так называемые экзоэнзимы трех типов микроорганизмов: бактерий аэробных и анаэробных и грибов, которыми эти незеленые микроорганизмы действуют на мертвое органическое вещество, разрушая его для получения энергии и пищи. Чтобы проверить верность этого предположения, необходимо убедиться, что они отвечают и третьему условию — токсичности по отношению к группе организмов, их выделивших. Попытаемся подойти к проверке этого положения путем анализа условий и результатов трех типов разложения природного органического вещества, в природных же условиях.

Берцелиусом были установлены три перегнойные кислоты, которые он изучил и свойства которых были им твердо установлены. Но ему не удалось получить их в кристаллической форме, вследствие применения им метода выделения их из соответствующих материалов посредством слабых растворов углекислых щелочей. При этом способе извлекается всегда и кремневая, и титановая кислоты, в присутствии которых перегнойные вещества не кристаллизуются. Кроме того, Берцелиус применял небольшие навески и получал лишь очень малые количества перегнойных веществ.

Лизиметры. Мне удалось получить все три перегнойные кислоты Берцелиуса в кристаллической форме. Для получения

перегнойных веществ я употреблял большие объемы почв, по 4 куб. м каждой. Почвы были заключены в *лизиметры* с поверхностью в 4 кв. м (рис. 3—8). На этих почвах поддерживались в течение ряда лет природные условия анаэробного, аэробного бактериального и грибного процессов разложения. Анаэробный процесс шел в торфяной почве и установился в моренной красной глине после того, как она природным путем заселилась луговой флорой. Аэробный процесс бурно развивался на структурной пойменной глине. Грибной процесс развивался на трех типах почв: на моренной глине, засаженной еловыми саженцами на моренном песке под пологом густо посаженных саженцев березы и на таком же песке, покрытом мертвым покровом, лесной подстилкой из елового насаждения, собранным с 4 кв. м и ежегодно весной возобновлявшимся.

Кроме того, исследование велось в таких же лизиметрах, наполненных дерново-подзолистой почвой, черноземной почвой, черноземным солончаком под природной растительностью и лишенным всякой растительности моренным песком.

Все почвы были заложены в лизиметры с строгим соблюдением порядка слоями по 10 см и с уплотнением каждого слоя до природного объема.

Каждый лизиметр по диагоналям дна был снабжен дренажем из коротких, широких стеклянных трубок, выходящих в центральный коридор лизиметрической батареи.

Все количество воды, доставляемое каждым лизиметром, в течение круглого года ежедневно точно измерялось и немедленно фильтровалось через бактериальный фильтр, отдельный для каждого лизиметра. После фильтрации все количество воды количественно выпаривалось на водяных банях в фарфоровых чашках. Осадок с чашек отделялся острым, как бритва, стальным шпателем и высушивался до постоянного веса с точностью до 0,001 г. После высушивания осадки по каждому лизиметру соединялись, растворялись в воде и подвергались дробной кристаллизации.

Осадки с фильтров смывались обратным давлением столба воды и собирались отдельно. Кроме лизиметрических вод, исследовался таким же образом и плотный остаток из дренажных вод торфяного, песчаного и глинистого неорошаемых участ-

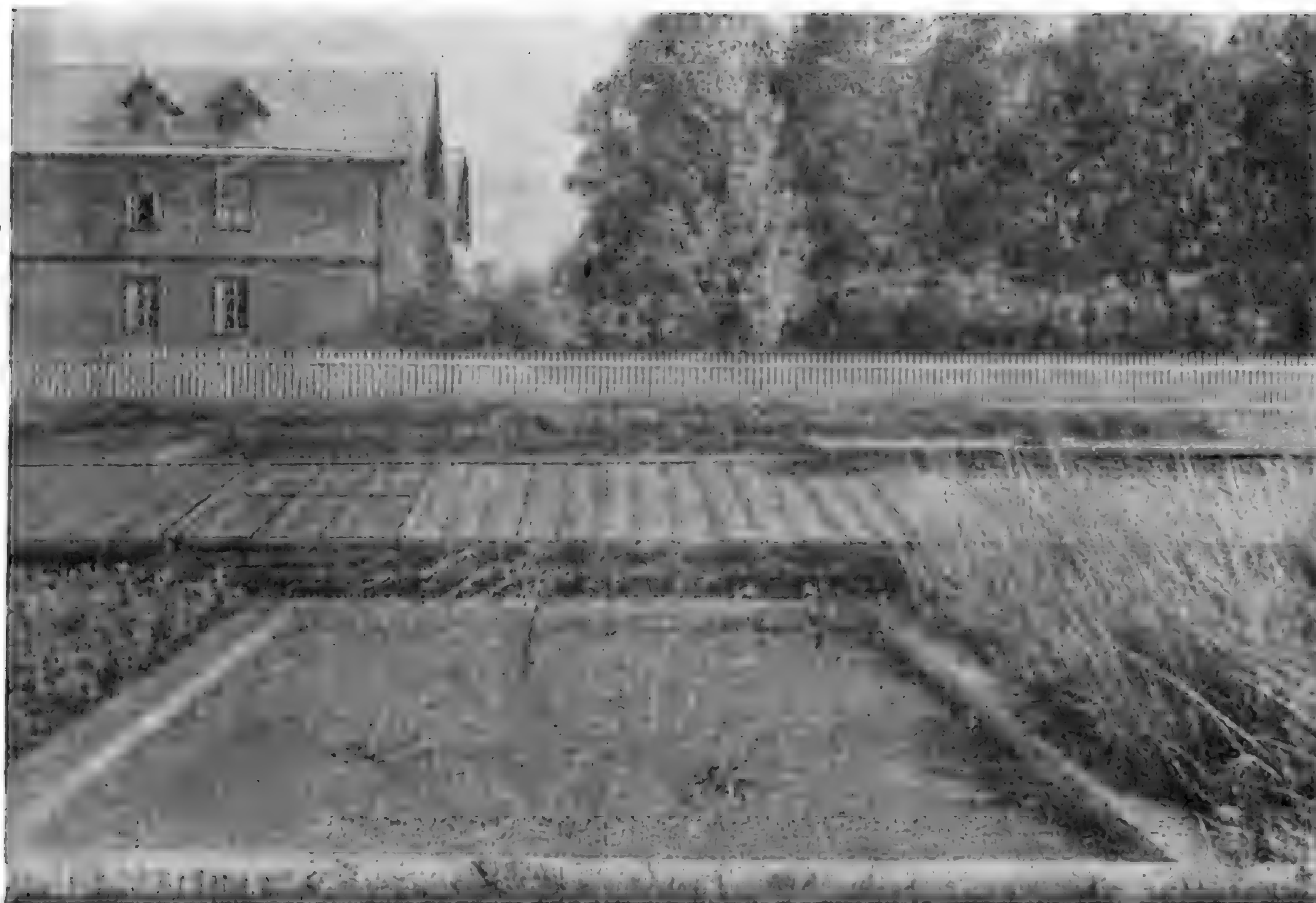


Рис. 3. Лизиметр VII. Моренная глина с начинающимся налетом дикой флоры.

ков Люблинских полей орошения г. Москвы, меженные и полые воды реки Москвы и атмосферные осадки.

Таким образом, перегнойные вещества по мере их образования извлекались из почвы чрезвычайно слабым раствором природных почвенных солей в природной воде атмосферных осадков. Растворы перегнойных веществ отличаются весьма малой концентрацией, так что пришлось выпарить в среднем до 5 млн. куб. см жидкости для каждого лизиметра, чтобы получить достаточное для исследования количество перегнойных веществ.

Работа над природными перегнойными веществами, полученными при этих опытах, продолжается мною поныне.

Природные перегнойные кислоты. Согласно исследованиям



Рис. 4. Лизиметр VII. Моренная глина под покровом щучки.

Берцелиуса, в общем подтвержденным в моей работе, природные перегнойные вещества почвы представляют три кислоты. Названия для них я предпочел сохранить те, которые вошли в историю науки, ульминовая, гуминовая и креновая. Эти три кислоты всегда приурочены к трем типам разложения природного органического вещества:

ульминовая или бурая перегнойная кислота к анаэробному;
гуминовая или черная перегнойная кислота к аэробному бактериальному и
креновая или бесцветная перегнойная кислота к грибному.

Всегда при наличии этих процессов в почвах появляются соответствующие кислоты.

Свойства перегнойных кислот уже были изучены Берце-



Рис. 5. Лизиметр IX. Моренная глина под покровом саженцев ели.

лиусом, и моими работами внесены лишь несущественные дополнения.

Ульминовая кислота. *Ульминовая кислота* выделяется в окружающую среду жизнедеятельностью анаэробных бактерий, *легко растворима в воде*, образуя жидкость темнобурого цвета, в тонких слоях — желтого цвета. Окрашивает лакмус в красный цвет. Дает *легко растворимые в воде и кристаллизующиеся соли калия и натрия.* Аммиачная соль получается путем реакции обмена.

При действии свободного аммиака ульминовая кислота окра-

шивается в черный цвет и превращается в ближе не изученные продукты разложения. *Соли двуокисей, полуторных окисей и тяжелых металлов в воде нерастворимы.*



Рис. 6. Лизиметр I. Дерново-подзолистая почва.

Ульминовая кислота обладает способностью *денатурироваться*, т. е. переходить *без изменения состава* в нерастворимое в воде состояние. Этот переход совершается при различных условиях. *При продолжительном кипячении* она постепенно переходит в *порошковатое* аморфное тело темнобурого цвета. *При замораживании* она целиком переходит в *хлопьевидный слизистый осадок* коричневого цвета. *При высушивании* этот осадок обращается в блестящие бурые чешуи или куски, обладающие раковистым изломом и *легко измельчаемые*. Денатурированные модификации ульминовой кислоты названы

Берцелиусом *ульмином. Порошковидная форма ульмина ни при каких условиях не переходит в хлопьевидную модификацию. Реакция денатурирования необратима.* При вытеснении дру-



Рис. 7. Лизиметр IV. Солончак Донской обл., станица Каменская, под природной растительностью.

гими кислотами из солей или при разрушении ее солей иным путем ульминовая кислота всегда выделяется в *хлопьевидной форме ульмина.* Под влиянием раствора нейтральных и щелочных солей щелочных металлов хлопьевидный ульмин переходит в коллоидальный раствор разнообразной степени дисперсности. При этом катион части соли удерживается в состоянии поглощения. При замещении одновалентного катиона поглощенной соли многовалентными катионами двуокиси или трехвалентного железа ульмин выпадает в форме нерастворимого осадка агре-

гатного порошка, но не в форме хлопьевидной модификации. При отделении поглощенной соли механическим путем при посредстве ультрафильтра ульмин выпадает в форме порошка.



Рис. 8. Лизиметр III. Низовой торф под природной растительностью.

Ульмин и соли ульминовой кислоты разрушаются как аэробными бактериями, так и грибами.

Гуминовая кислота. *Гуминовая кислота*, кроме состава, очень *близка по свойствам* к ульминовой кислоте, отличаясь от нее, повидимому, лишь в количественном отношении. *Гуминовая кислота менее растворима в воде*. Ее насыщенный водный раствор интенсивно черного цвета. В прямом свете

очень сильного источника раствор гуминовой кислоты в более тонких слоях просвечивает густым вишневым цветом, тогда как ульминовая кислота в тех же условиях просвечивает коричневым цветом. Отношения гуминовой кислоты к процессу денатурации те же, как и у ульминовой кислоты. Гуминовая кислота обладает всеми свойствами, описанными для ульминовой кислоты. Соли гуминовой кислоты и гумин интенсивно черного цвета, приобретают при тонком измельчении красные оттенки, в отличие от коричневых оттенков солей ульминовой кислоты.

Гумин и соли гуминовой кислоты разрушаются аэробными бактериями и грибами.

Креновая, или ключевая, кислота. Совершенно особняком стоит *креновая кислота*. Она совершенно бесцветна, *растворима в воде и кислотах во всех отношениях, обладает характерным запахом, хотя не летуча. Креновая кислота не денатурируется ни при каких условиях, и все ее соли растворимы в воде.* Соли креновой кислоты легко образуют кристаллы. Ее железная соль дает довольно крупные яркожелтые призматические кристаллы.

Даже слабые растворы свободной креновой кислоты сильно разъедают фарфор и стекло, делая их матовыми, и легко растворяют металлическое олово и непрозрачную кварцевую посуду.

Апокреновая, или осадочноключевая, кислота. При действии на раствор кренатов в разведенных кислотах водорода в момент выделения получаются апокренаты, или соли *апокреновой кислоты*. Свободная апокреновая кислота в неденатурированном состоянии мне неизвестна. *Соли апокреновой кислоты с щелочными металлами легко растворимы в воде.* Из солей ее с двуокисями соль извести отличается сравнительно большей растворимостью и при сгущении ее раствора выделяется на стенках сосуда в виде неплотно пристающего аморфного агрегатного осадка желтовато-белого цвета. *Соль двухвалентного*

железа легко растворима в воде. Соль трехвалентного железа легко растворима в крепкой соляной кислоте без разложения и при сгущении раствора легко выпадает в форме рубиново-красных кристаллов ромбической системы, содержащих кристаллизационную соляную кислоту. При медленном сгущении раствора легко получаются кристаллы до 1 см в поперечнике.

При разбавлении водой концентрированных растворов апокрената трехвалентного железа в крепкой соляной кислоте выпадает тончайший аморфный порошок апокрената. Он оседает на дно сосуда, пока присутствует в растворе соляная кислота. Но если последнюю удалить диализом, то апокренат в чистой воде остается взмученным неопределенно долгое время, создавая полную иллюзию взмученной красной глины. По удалении воды апокренат вновь целиком растворяется в крепкой соляной кислоте и дает такие же кристаллы, как и раньше.

При разбавлении слабого раствора апокрената окиси железа в соляной кислоте водой получаются, в зависимости от его концентрации, хлопья, не отличимые по виду от осадка гидрата окиси железа, или вся жидкость застывает в плотное желе.

Апокренат алюминия образует оранжево-желтые кристаллы, содержащие кристаллизационную соляную кислоту. При сильном разбавлении водой эта соль выпадает в осадок в виде молочно-белой эмульсии, которая не осветляется месяцами и проходит через самые плотные бумажные фильтры (№ 602 extra hart. S. u. S.). После испарения воды остается соломенно-желтый аморфный осадок, растворимый в крепкой (30%) соляной кислоте и образующий вышеупомянутые кристаллы.

Особенно интересны отношения апокреновой кислоты к крепкой серной кислоте. Если кипятить апокренат окиси железа с крепкой серной кислотой, то апокренат разрушается, окись железа растворяется в серной кислоте, но жидкость не обесцвечивается даже после 100 часов кипячения на голом огне. В состоянии кипения серная кислота окрашена в золотисто-желтый или бурый цвет; после остывания, когда прекращается движ ение

жидкости, на дно сосуда оседают бурые хлопья апокреновой кислоты. Окисление апокреновой кислоты происходит только после многократного прибавления в кипящую серную кислоту *ничтожными* порциями тонко измельченной марганцево-калиевой соли до обесцвечивания жидкости.

Мы потому так долго остановились на перегнойных веществах почвы, что нам придется в дальнейшем использовать эти данные.

Обратимся теперь к анализу процессов, происходящих при природном проявлении разложения органических веществ.

Анаэробное разложение органического вещества в природных условиях. Анаэробное разложение в природных условиях проявляется там, где органическое вещество скопляется в форме *сконцентрированной массы.* При этом не имеет значения, распределено ли органическое вещество в массе какого-либо пористого тела или оно скопилось сплошной самостоятельной массой. Основная причина этого процесса та, что *поверхностный слой органического вещества, соприкасающийся с воздухом, неизбежно подвергается аэробному разложению. Это аэробное разложение поверхностного слоя поглощает весь кислород, который путем диффузии стремится проникнуть в массу органического вещества.*

Состояние влажности органического вещества в этом случае не играет роли, лишь бы была обеспечена потребность анаэробных бактерий в воде.

Но отношение органического вещества к воде играет в разбираемом случае другую роль. Природные органические вещества, способные быть смоченными, представляют самые влагоемкие тела. *Влагоемкость же неразрывно связана в обратном отношении со скоростью волосного движения воды в массе влагоемкого тела.* Чем больше влагоемкость тела, тем медленнее происходит волосное движение воды в его массе. В природных органических веществах быстрота передвижения волосной воды практически равна нулю.

Очевидно, что при начавшемся анаэробном разложении в массе органического вещества должно начаться и накопление ульминовой кислоты, которая осмотически будет равномерно распределяться в среде. По мере накопления ульминовой кислоты ее угнетающее действие на ход разложения должно увеличиваться, так как застойная вода, заключенная в массе органического вещества, не может ее удалить вымыванием. Во время хода анаэробного разложения никаких веществ, которые могли бы нейтрализовать ульминовую кислоту, не образуется. Если рухляковая порода содержит обломки известняка, могущего нейтрализовать ульминовую кислоту, то вследствие полной нерастворимости образующегося ульмата кальция обломки известняка быстро покрываются его бурой нерастворимой корочкой, не проницаемой для ульминовой кислоты.

Поэтому анаэробный процесс должен, постепенно затухая, прекратиться до тех пор, пока не наступят условия, обезвреживающие влияние ульминовой кислоты. Вредное влияние ульминовой кислоты или другого токсина может быть уничтожено или удалением его из среды промывкой, или испарением путем вентиляции, или его усреднением, обращением его в нейтральное тело, или обращением его в недеятельное нерастворимое тело, денатурированием.

В условиях осуществления анаэробного процесса вода, пропитывающая органическое вещество, находится в неподвижном состоянии, и удаление ульминовой кислоты промывкой не может осуществиться; также не может ульминовая кислота быть удалена испарением, вследствие ее нелетучести. При этом процессе не образуется веществ, могущих усреднить кислоту, и поэтому остается только денатурация, обращение в нерастворимое нейтральное тело, ульмин.

Денатурация ульминовой кислоты в природных условиях происходит только под влиянием понижения температуры, зимой. Вследствие этого анаэробный процесс интенсивно про-

текает только весной, после зимних морозов, и по мере своего течения он постепенно затухает до полного прекращения. Очевидно, что чем энергичнее он протекает вначале, например, в случае благоприятной температуры, тем быстрее он должен затухнуть под влиянием энергичного темпа накопления ульминовой кислоты. Этот процесс повторяется ежегодно.

В результате такого прерывистого проявления и слагается *существенное свойство анаэробного процесса, сохранение части мертвого органического вещества, консервируемого накопляющейся ульминовой кислотой.*

Аэробно-бактериальное разложение органического вещества в природных условиях. Полную противоположность анаэробного процесса представляет процесс аэробный бактериальный. В природе он осуществляется в тех случаях, когда мертвое органическое вещество травянистых растений скопляется настолько *рассеянной массой*, что поверхностные горизонты его не могут служить достаточно сомкнутым фильтром, задерживающим путем поглощения весь кислород, стремящийся проникнуть в массу органического вещества.

Отмирающее в природных условиях органическое вещество состоит всегда или из целых растений, или из целых органов растений: корней, листьев, ветвей. *Их масса всегда содержит ряд азотсодержащих органических веществ.* При бактериальном аэробном процессе разложения этих веществ всегда образуется аммиак в качестве промежуточного продукта. Аммиак как продукт обмена веществ представляет токсин по отношению к аэробному процессу. Его токсическое влияние настолько велико, что, например, при механическом анализе перегнойных почв приходится им пользоваться, чтобы предотвратить их аэробное разложение. Для этого достаточна прибавка такого количества аммиака, чтобы получить содержание его, равное 0,01 % в водном растворе (1 куб. см 40-процентного раствора аммиака на 3 л воды).

Одновременно с образованием аммиака во время аэробного

бактериального процесса выделяется и гуминовая кислота. Совершенно ясно, что свободная кислота, гуминовая, и свободное основание, аммиак, не могут остаться таковыми в одной и той же среде. Они немедленно по образовании соединяются, давая нейтральную гуминовоаммиачную соль. Эта соль как нейтральная не влияет токсически на жизнедеятельность аэробных бактерий; она сама служит субстратом для развития ряда аэробных бактерий.

Повидимому, в природе этот процесс, по крайней мере, в некоторых случаях, совершается по несколько более сложной схеме. Аммиак, повидимому, сперва соединяется с угольной кислотой, получающейся также в результате аэробного разложения органического вещества. Образующаяся углеаммиачная соль представляет, однако, устойчивое соединение только в атмосфере чистой углекислоты. В обычных условиях углеаммиачная соль диссоциирует вновь на свободную углекислоту и аммиак, который и реагирует с гуминовой кислотой.

Аммиак гуминовоаммиачной соли как промежуточный продукт не может накопиться в сколько-нибудь значительном количестве, и под воздействием аэробных бактерий, нитрозомонаса и нитробактера, обращается в азотистую и в азотную кислоты. Очевидно, что при этом процессе из гуминовоаммиачной соли вновь выделяется в свободном состоянии гуминовая кислота, так как связывавший ее в соль аммиак перестал существовать как таковой. *Но из солей гуминовая кислота всегда выделяется в форме денатурированной, в виде гумина, совершенно не растворимого в воде.*

Выделившийся гумин сам служит превосходным субстратом для развития аэробных бактерий, которые и разрушают его.

Образующиеся при процессе разрушения аммиака азотистая и азотная кислоты, в свою очередь, вытесняют из новых порций гуминовоаммиачной соли эквивалентное количество гуминовой кислоты, которая в виде гумина распадается дальше по той же схеме.

Таким образом, при аэробном бактериальном процессе среда, окружающая природное органическое вещество, автоматически освобождается от вредных продуктов разложения, и при нем нацело разрушается как первоначальное органическое вещество, так и гуминовая кислота. *Все элементы органического вещества быстро и полно минерализуются, и весь процесс в целом представляет диаметральную противоположность анаэробного процесса.*

Разложение мертвого деревянистого органического вещества грибным процессом. Остается рассмотреть последний процесс разложения органического вещества, грибной.

Грибной процесс разложения деревянистого органического вещества также аэробный, и при нем в среду, окружающую органическое вещество, выделяется креновая кислота. При этом процессе из азотсодержащих соединений аммиак во внешнюю среду не выделяется, и, следовательно, креновая кислота не может быть нейтрализована. Креновая кислота неспособна денатурироваться; она нелетуча и в свободном состоянии не может быть разрушена ни одним из бактериальных процессов, вследствие ее яркокислой реакции, ни грибным процессом, так как она представляет биологический отброс самого грибного процесса.

Поэтому единственным способом обезвреживания среды, в которой протекает грибной процесс, остается вымывание креновой кислоты из среды током воды.

Очевидно, вымывание может осуществиться исключительно *нисходящим* током воды. Восходящий [ток] только повлек бы за собой концентрацию кислоты в поверхностном горизонте среды, в котором протекает аэробный грибной процесс. Поэтому грибной процесс требует для возможности своего осуществления нисходящего тока воды как безусловно необходимого условия.

ПОСВЯЩАЮ
своему лучшему ученику и другу
профессору
ВЛАДИМИРУ ПЕТРОВИЧУ
БУШИНСКОМУ

РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА





Несомненно, что рассмотрение вопроса об участии организмов в процессе развития плодородия почвы как ее качественного различия от других природных образований следовало бы начать с момента обособления земной суши, с какого момента начался процесс выветривания. Но такому началу препятствует чрезвычайно малая изученность этих процессов, и поневоле приходится ограничиваться самым общим очерком.

С самого начала такого очерка мы сталкиваемся с кажущимся противоречием с ранее установленным нами тезисом, что плодородие есть качественный признак, отличающий *почву* от *горной породы* и всех других природных образований на земной поверхности.

Мы до сих пор рассматривали образования поверхности земной *суши*, почвы и горной породы, но если мы остановим внимание на *всей* земной поверхности, то мы тотчас найдем другое природное образование, которому полностью присущи качественные признаки почвы, т. е. которое обладает плодородием, служит базой развития живых организмов и также служит «предметом всеобщего труда». Это *гидросфера* или *Океан* в самом широком понимании, т. е. разумея под этим понятием совокупность всех элементов гидросферы: океаны, моря, ледники, «вечные» снега, озера, реки, речки, ручьи, ключи, почвенные, грунтовые, артезианские воды (включая в эти последние и пласты нефти).

В сущности, если шире взглянуть на дело, то всемирным носителем плодородия представляется вода (Гораций), гидросфера, Океан. Она сама элемент плодородия и определяет действенность, водорастворимость, усвояемость второго элемента

плодородия, зольной и азотной пищи растений. И вся разница сводится к воде как массе в Океане и воде как пленке в почве.

Вопрос о плодородии Океана имеет огромную теоретическую важность. Если мы не будем упускать из виду разницу свойств почвы и Океана как масс, будем помнить, что, с одной стороны, мы имеем *рухляковую*, а с другой стороны, *жидкую* массы, что различие свойств этих масс должно неминуемо повлечь количественную разницу в протекании в них аналогичных процессов и что эта количественная разница не замедлит перейти в качественное различие, то мы будем поставлены перед необходимостью признать, что *причина плодородия Океана есть обитание его живыми организмами*, т. е. *качественно та же, что и причина плодородия почвы*. Другими словами, положение наше о причине плодородия почвы, выведенное диалектически, правильно, так как оно практически подтверждается в приложении к другому случаю.

Первый вопрос, который возникает при попытке подхода к анализу проявления первичного периода почвообразовательного процесса, это вопрос о месте зарождения зачатков жизни на земном шаре. Вопрос далеко не безразличный для почвоведения. Таких областей зарождения жизни на земле две — суша и Океан.

До сих пор преобладающим надо считать взгляд, что жизнь зародилась в Океане и оттуда распространилась на сушу. Существуют даже наивные картинки-схемы, иллюстрирующие, как рогозы, камыши и другие прибрежные корневищевые высшие растения постепенно выбираются на сушу. Конечно, о таких «научных» доводах можно не говорить.

Наиболее часто приводимым доводом за океаническое зарождение жизни служит сходство химического состава минеральной части кровяной сыворотки животных с составом морской воды. Это сходство часто рассматривают как реликт исторической эволюции, сохранившийся в индивидуальном развитии

животных. Но непонятно, почему этот реликт не сохранился у растений, организмов, с этой точки зрения эволюционно исторически более древних, чем животные. Кроме того, реликты исторического развития, длившегося в течение геологических эпох, при индивидуальном развитии особи длятся лишь неделями и сменяются следующими, между тем как состав кровяной сыворотки надо считать постоянным в течение всей жизни особи.

Совершенно не поддается объяснению, под влиянием какого стимула в абсолютно кристаллической среде морской воды обособилось высшее выражение коллоидального состояния вещества, живая протоплазма. Наоборот, все процессы развития рухляка надлежит рассматривать как переход безводного кристаллического вещества горной породы в состояние водного коллоидального состояния рухляка выветривания.

До развития на земной поверхности зеленой растительности в атмосфере не могло быть озона, так как содержание в ней молекулярного кислорода есть функция процесса ассимиляции углерода углекислого газа. Раз не существовало так называемого озонного экрана, то коротковолновые ультрафиолетовые лучи, входящие в состав притекающей солнечной лучистой энергии, беспрепятственно проникали до земной поверхности и пронизывали водную толщу Океана до глубины полной темноты. Ультрафиолетовые лучи убивают все живое, и ясно, что в прозрачной водной среде Океана жизнь не могла зародиться.

Зарождение жизни возможно только в ультрафиолетовой тени, т. е. под защитой нелучепрозрачных элементов рухляка выветривания или ила дна Океана. Существование всякого живого организма требует как обязательного условия удаления из окружающей среды продуктов обмена веществ организма. И чем ниже в своем развитии организм, тем требовательнее он в этом отношении, так как у него еще не развиты защитные приспособления.

Элементы земной суши вполне отвечают этому условию, так как они непрерывно промываются водой ее большого, геологического круговорота. Трение воды о дно водных бассейнов создает до некоторой степени застойность воды и худшие условия промывания.

Кроме момента удаления из окружающей среды продуктов обмена веществ, всякий организм для осуществления своего качественного признака, отличающего его от тел мертвой природы, способности размножаться, предъявляет еще два условия, наличие элементов пищи и источника энергии.

Мы в предыдущем проследили процессы обособления усвояемых форм пищи растений при протекании химического выветривания. Что касается источника энергии, то их может быть три:

1. Приток солнечной лучистой энергии, для уловления и использования которой требуется наличие пигментов сложного состава, и мы знаем, что растительные беспигментные организмы быстро погибают на солнечном свете. Предполагать наличие пигмента у первичного растительного (синтезирующего) организма нет основания. Повидимому, правильнее рассматривать пигменты как продукты длительного развития и закрепления путем «естественного отбора».

2. Другим источником энергии может быть органическое вещество. Совершенно очевидно, что этот источник энергии для первичного организма должен быть отвергнут. Иначе мы будем принуждены сделать совершенно невероятное предположение о существовании какого-то организма раньше первичного организма.

3. Остается единственный известный нам до настоящего времени источник энергии, это — минеральные экзотермические реакции, при которых выделяется тепло, которое беспигментными микроорганизмами может быть преобразовано в форму динамической потенциальной энергии.

Такими экзотермическими реакциями могут быть выделение тепла при смачивании высохшей глины, теплота растворения

некоторых минеральных солей. Но известен и изучен ряд организмов, использующих как источник энергии реакцию окисления закисных соединений железа и марганца в высшую степень их окисления, окисную железную соль железной кислоты и окисную марганцовую соль марганцовой кислоты, и перекрестную комбинацию этих оснований и кислот; кроме того, известны организмы, использующие реакции минеральных соединений серы, водород и др. Эта группа организмов объединяется под названием *хемотрофных бактерий*. Повидимому, *все* эти хемотрофы обладают способностью усваивать свободный азот; в особенно яркой степени эта способность выражена у азотобактера.

На первый взгляд может показаться, что тот факт, что все эти хемотрофы — аэробы, стоит в противоречии с общепризнанным взглядом, что содержание кислорода в атмосфере есть функция жизнедеятельности зеленых растений. Но нельзя забывать, по меньшей мере, два других источника свободного кислорода атмосферы в те отдаленнейшие геологические эпохи, это — явления вулканизма и проникновения ультрафиолетовых лучей до поверхности земли вследствие отсутствия или слабого выражения озонового экрана. Под влиянием этих лучей и высокой температуры лавы водяной пар диссоциирует на водород и кислород. Только после того как отмирающие хемотрофы начали накоплять на поверхности каменной оболочки земного шара мертвое органическое вещество, могло начаться развитие других организмов на основе постепенного приобретения первичным организмом новых признаков в результате основного свойства протоплазмы, ее *изменчивости*, и закрепления нового признака путем выживания наиболее приспособленных. Изменчивость представляет неизбежное следствие твердо установленного свойства экзоэнзим, заключающегося в том, что энзима, определяющая в одних условиях синтез какого-либо органического вещества, при иных условиях вызывает распад того же органического вещества.

Дальнейшее развитие нового организма с новым качественным признаком, способностью разлагать органическое вещество, должно было неизбежно пойти в двух направлениях, анаэробном и аэробном, причем вследствие ограниченного наличия свободного кислорода явное преобладание должно было принадлежать анаэробному процессу. Таким образом, биосфера обогатилась еще двумя типами организмов, *бактериями анаэробными и аэробными.* Одновременность развития обоих типов бактерий представляет неизбежное следствие их взаимоотношений. Органическое вещество на границе среды, содержащей даже незначительное количество кислорода, должно разлагаться аэробными бактериями, так как они развились из аэробных хемотрофов и они уже обладают способностью образовывать аэробные энзимы, если можно так выразиться, чтобы характеризовать экзоэнзимы, проявляющие свой синтезирующий и разрушающий эффект в присутствии свободного кислорода.

Появление на земной поверхности настоящих бактерий (эубактерий в отличие от хемобактерий) должно было произвести революционный переворот во всем химизме поверхности земного шара.

В атмосфере появилась угольная кислота. Такое утверждение, основание которого выясняется из дальнейших сопоставлений, возбуждает вопрос об источнике углерода органического вещества, синтезируемого хемобактериями. Этим источником мог быть только *метан.* Источник метана в атмосфере совершенно ясен, он выбрасывается в воздух в огромных количествах при всяком вулканическом извержении. Происхождение метана в вулканических газах нельзя считать совершенно ясным. Он может быть продуктом перегонки органического вещества в том случае, когда изливающаяся огненножидкая масса неглубокого происхождения, не глубже области метаморфических, гранитных пород, и когда изливаются кислые породы. Только в том случае, когда изливаются щелочные или

ультращелочные породы, может итти речь о первичном происхождении части выделяемого теперь метана. Части, потому что и в случае более глубокого происхождения огненножидкая масса глубоких пород должна пройти через области метаморфических и осадочных пород.

С другой стороны, нам хорошо известны отдельные звенья хемотрофных процессов, использующих отдельные продукты вулканических процессов: водорода, метана, кислорода, сернистого водорода. Но они изучены лишь как отдельные процессы, и совсем не изучены их взаимосвязь и взаимозависимость. Но тот факт, который можно считать твердо установленным, что упомянутые процессы и в настоящее время территориально всегда совмещаются и что, кроме того, они всегда сопровождаются деятельностью железобактерий, марганцовых бактерий и свободно живущих азотобактеров, красноречиво говорит за то, что мы здесь имеем дело не со случайной суммой территориально совместных процессов, а с диалектическим комплексом биологических процессов, взаимно друг друга дополняющих и взаимно друг от друга зависящих. Такой комплекс эубактериальных процессов хорошо изучен по отношению к распаду азотистых соединений: первый член его — клубеньковые бактерии, синтезирующие азотистые вещества; второй член его — бактерии, разрушающие азотистые соединения с образованием аммиака; третий член того же комплекса — нитрозомонас, обращающий аммиак в азотистую кислоту; четвертый член — нитробактер, обращающий азотистую кислоту в азотную, и последний, пятый член всего комплекса круговорота азота — денитрифицирующие бактерии и грибы, разрушающие азотную кислоту до свободного молекулярного азота.

Если мы просмотрим элементы, входящие в круг жизнедеятельности хемотрофных организмов, то найдем почти все элементы, входящие в *конституционный* состав органического вещества. Углерод — метановые хемобактерии, водород — во-

дородные хемобактерии, азот — хемобактерии, усваивающие молекулярный азот, сера — серобактерии, кислород — все группы хемобактерий, кроме того, железо и марганец, всегда сопутствующие этому комплексу процессов. Нехватает только (еще не открытого) хемотрофного процесса, вводящего фосфор в молекулу органического вещества.

В настоящую геологическую эпоху процессы хемотрофного синтеза органического вещества, несомненно, играют на земной поверхности подчиненную роль по сравнению с явно господствующим процессом синтеза органического вещества зелеными растениями. Повидимому, этот процесс хемотрофного синтеза нужно рассматривать как реликт отдаленнейших геологических эпох зарождения жизни на земном шаре. Этот процесс, в отдельных группировках его звеньев, можно, повидимому, проследить по всем элементам земной поверхности. Но наиболее яркого выражения и наибольшей полноты по количеству слагающих его звеньев он достигает в относительно наиболее глубоких депрессиях земной суши. И чем больше размер водосборного театра депрессии, тем больше выражены яркость и полнота всего комплекса хемотрофизма. Самое полное выражение всего комплекса рассматриваемых явлений мы встречаем в притеррасной области луговой террасы, так называемой притеррасной топи или ключевом болоте; за ним следуют приозерные котловины ледникового ландшафта, далее, окраины подов и лиманов, еще менее ярко и неполно мы видим те же явления в притеррасных областях надлуговой и коренной террасы (соленые грязи).

К областям наиболее яркого и полного хемотрофизма приурочиваются всегда отложения вивианита, фосфорнокислой закиси железа, и фосфор этого соединения принимает участие во всем комплексе химизма этих образований, что получает яркое выражение в «блуждающих огнях» притеррасных ольховых топей («лесной царь» Гёте). Блуждающие огни — результат вспышек фосфористого водорода при соприкосновении

его с кислородом воздуха, вспышек, зажигающих водород и метан, спутников фосфористого водорода. Эти газы в изобилии выделяются в течение весны из толщ притеррасных топей.

Наличие газообразного закисного соединения фосфора в области ярко выраженного развития хемотрофизма делает весьма вероятным предположение, что недостающий член комплекса хемотрофных процессов, перехода фосфора в органическое вещество, также имеется в наличии.

Трудно предположить, что территориальное совмещение всех перечисленных хемотрофных процессов, захватывающих все конституционные элементы органического вещества, представляет результат простого совпадения условий среды, а весь комплекс представляет простую сумму слагаемых. Это слишком резко противоречило бы диалектике природы.

Само собой напрашивается предположение, что вся сумма этих на первый взгляд разрозненных процессов находится в соотношениях глубочайшей взаимосвязи и взаимозависимости и что они представляют не сумму, а комплекс, подобный тому, какой представляет комплекс пяти процессов, составляющих в своей совокупности качественно новое явление, «круговорот азота».

Так и разбираемый нами ряд хемотрофных процессов представляет по всем признакам комплекс процессов, в результате взаимосвязи и взаимоотношений которых, на основе усвоения углерода метана, получается живое органическое вещество с новым качественным признаком, образованием при распаде *угольной кислоты*.

Пока в атмосфере отсутствовала угольная кислота, не могло быть и комплекса процессов выветривания; был только один процесс выветривания, так же как в отсутствие органического вещества не могло зародиться иной жизни, кроме хемотрофизма на основе метана и кислорода.

Атмосфера до появления живого организма состояла в подавляющем количестве из инертных газов, азота и, вероятно,

его таких же инертных спутников, аргона, неона, криптона, и из небольших количеств метана, кислорода, водорода, водяного пара и продуктов взаимодействия азота, водорода и кислорода под влиянием грозовых и тихих электрических разрядов и ультрафиолетовых лучей — аммиака и азотной кислоты.

Этой первоначальной атмосфере противостояла первичная литосфера, первичная каменная оболочка земного шара. Эта первичная литосфера могла состоять только из силикатов и алюмосиликатов. В ее состав не могли входить ни кварц, ни аморфная кремнекислота как минералы вторичного образования. Не могли также входить и карбонаты из-за отсутствия углекислоты, продукта жизни в ее уже значительно развитой фазе.

Сопоставляя состав ультращелочной первичной породы с составом первичной атмосферы, мы найдем только один ряд абиотических (минеральных) реакций. В присутствии воды в виде пара и в капельножидком состоянии, по мере охлаждения земной поверхности, и кислорода силикаты и алюмосиликаты закисей железа и марганца, которые сильно развиты, если не преобладают (особенно соединения закиси железа) в ультращелочных породах, должны были распадаться на свободную кремневую кислоту и окись железа и окись марганца. Так как эта реакция первоначально (до вступления в процесс азотобактера, эубактерий и грибов) протекала преимущественно в щелочной или нейтральной среде, то освобождавшаяся кремневая кислота выделялась и сохранялась в молекулярнорастворимой форме, следовательно, обладала большой подвижностью и могла легко выщелачиваться в область Океана геологическим круговоротом воды. Кроме того, в местах концентрации раствора на поверхности суши кремневая кислота могла кристаллизоваться в виде тридимита, друз горного хрусталя и т. п.

Та же реакция вызывала и другой ряд явлений. При оки-

слении закиси железа силикатов и алюмосиликатов и переходе ее в состояние свободной окиси железа происходит значительное увеличение объема выветривающегося минерала и, следовательно, общее разрыхление породы, и так как реакция протекает чаще всего при щелочной реакции среды, то в присутствии следов свободного аммиака образовавшиеся окиси железа и марганца приобретают высокую степень дисперсности и легко уносятся даже слабыми делювиальными потоками. В результате отлагаются мощные толщи чистой окиси железа, первичных железных руд, которые под давлением толщ позднее отлагавшихся пород могут получить кристаллическое сложение (диагенезис). В качестве элювиальной породы могут образоваться россыпи минералов первичной породы и залежи (первичного залегания), алюмокремневой кислоты (кристаллические каолиниты) и др. Если образующаяся окись железа не может быть снесенной делювиальными потоками, то она образует многочисленные так называемые псевдоморфозы. Те же высокодисперсные окиси железа и марганца выявляются и в ряде других минералов, образующихся в кварцевых породах, отлагавшихся в результате той же первоначальной реакции. В том случае, когда молекулярный раствор кремневой кислоты, сносимый делювиальными потоками и материковым током геологического круговорота воды, быстро высыхал, он отлагал на месте своего высыхания аморфную массу кремнезема, окрашенную коллоидальным раствором окисей железа и марганца, образующим одновременно и характерную параллельно-слоеватую раскраску (кольца Лизегенга), породу, носящую название яшмы. Когда слагались условия медленного сгущения того же раствора кремневой кислоты и отлагались первичные кристаллические кварциты, одновременно с ними в трещинах и жеодах (полостях) этих пород слагались условия образования кристаллов кремнекислоты, окрашенных коллоидальными примесями окиси марганца и окиси железа, друзы аметиста, кристаллы и друзы гиацинта, дымчатого кварца (окрашенного

неорганическим веществом), опала, топаза (не «благородного» топаза) и ряда других «полудрагоценных» камней.

По мере зарождения и развития комплекса хемотрофизма появились два новых могучих фактора. В результате жизнедеятельности хемотрофов, усваивающих атмосферный азот, появилась свободная азотная кислота, и в результате жизнедеятельности всего комплекса хемотрофов появилось, наряду с живыми организмами, и мертвое органическое вещество.

Появление свободной азотной кислоты нужно рассматривать как начало новой эры в жизни земной коры. Не только потому, что получился новый агент выветривания и притом агент чрезвычайной силы, значение которого мы до сих пор далеко недооценивали. Весь сложный комплекс процессов выветривания получил могучий толчок к убыстрению своего темпа, первичные породы начали распадаться со значительной скоростью под влиянием агента, которого *раньше не существовало*.

Но еще большее значение появления азотной кислоты состоит в том, что вместе с ней появились *нитраты* и под влиянием растворяющего действия той же азотной кислоты облегчилась доступность усвояемых соединений фосфорной кислоты. Очевидно, что то же появление азотной кислоты вполне обеспечивало следующую фазу развития жизни на поверхности суши всеми необходимыми катионами.

Пока на поверхности суши зарождался и развивался комплекс хемотрофизма, на что потребовался, вероятно, не один десяток тысячелетий, Океан был мертв в самом полном смысле этого понятия. Мы можем себе представить с достаточной четкостью состав воды первобытного Океана. Это должна была быть *теплая*, следовательно, не содержащая растворенных газов дестиллированная вода; вода, содержащая лишь небольшое количество свободной азотной кислоты. Азотная кислота получалась в результате диссоциации азотно-аммонийной соли, образующейся в атмосфере и при этих условиях нацело диссоциированной, причем аммиак целиком улетал из теплой жид-

кости обратно в атмосферу. Никаких солей, кроме солей галоидов, вода Океана не содержала. Соли, кроме солей галоидов, могли образоваться на поверхности суши при воздействии углекислоты на минералы первичных пород, а углекислоты еще не было — она могла образоваться только в процессе разложения органического вещества.

Очевидно, что в такой обстановке первичного Океана в нем зарождение жизни не могло осуществиться, даже не было условий для первичного хемотрофизма. Все процессы хемотрофизма по своему существу процессы аэробные и могут протекать только на поверхности первичной горной породы. Следовательно, они в условиях Океана могут быть только донными процессами. Но на дне первичного Океана, даже на незначительной глубине, могли быть только условия анаэробиозиса.

Появление на мертвой арене первичной истории земной поверхности нового фактора, жизни, повлекло с диалектической неотвратимостью обособление его противоположности, смерти. Тот же момент количественной ограниченности биологически действенных элементов с той же диалектической неотвратимостью послужил стимулом установления еще одного единства противоположностей. Установление процесса синтеза органического вещества неизбежно вызвало и установление процесса разрушения образовавшегося органического вещества.

Процесс разрушения органического вещества может быть только энзиматическим, другими словами, реакция синтеза органического вещества необратима и протекает при термодинамических и электромагнитных условиях возможности своего осуществления только в одном направлении и с определенной скоростью. Изменить направление и скорость этой реакции можно только, изменив температуру, или давление, или напряжение электромагнитного поля, в которых протекает реакция.

В мертвой природе эти изменения достигаются или непосредственным изменением трех условий реакции, или действием катализаторов. В живых организмах те же изменения осуще-

ствляются выделяемыми организмами во внешнюю среду так называемыми экзоэнзимами. Экзоэнзимы обладают ярко выраженным сочетанием единства противоположностей, т. е. одна и та же энзима при определенных условиях обусловливает синтез определенного органического вещества; при изменении условий, определяемом развитием организма, та же энзима определяет разрушение того же органического вещества.

Свойства энзим выработались в порядке развития организмов и закрепились в порядке выживания наиболее приспособленных, так называемого естественного отбора.

Мне представляется пока преждевременным ставить вопрос о том, какие организмы развились раньше, аэробные или анаэробные.

Если внимательно проанализировать свойства энзим, вырабатываемых микроорганизмами почвы, то мы приходим к достаточно определенным выводам. Огромнейшее большинство ученых, изучающих почву, до сих пор ещё рассматривает перегной как промежуточный продукт распада органических веществ, синтезированных зелеными растениями. При современном состоянии наших знаний мы не можем оставаться при таком взгляде. Элементарный разбор общих свойств перегноя заставляет отказаться от этого взгляда как от архаизма, неминуемо приводящего в тупик непримиримых противоречий.

Все указывает на то, что перегной нужно рассматривать как отработавшие экзоэнзимы тех организмов, которые разрушают в почве органические остатки высших растений. Таких организмов в почве мы находим две группы (типа), бактерии и грибы, и в почве мы ясно различаем две группы перегнойных соединений. Эти группы уже 200 лет назад получили название гуминовой и ульминовой кислот для одной группы и креновой и апокреновой, или ключевой и ключево-осадочной, — для другой.

Ясно, что всякий организм, синтезирующий экзоэнзимы, обладающие одновременно и созидающими, и разрушающими

свойствами, должен в то же время выработать в себе способность защищаться от разрушающего действия своих же энзим.

Такую способность нужно видеть в общепризнанном свойстве полупроницаемости растительных и животных перепонок. Это свойство *полупроницаемости* для *экзоэнзим* представляет не свойство перепонок, а определяется общими свойствами *экзоэнзим* (эндоэнзимы, или гормоны, обладают иными свойствами).

Свойство, о котором идет речь, способность *денатурироваться*, т. е. переходить без изменения состава в абсолютно нерастворимое в воде состояние. Денатурирование совершается под влиянием кипячения, замерзания, старения и, главным образом, при *вытеснении из солей*. Все экзоэнзимы почвы — кислоты и выделяются бактериями и грибами в молекулярно-растворимом в воде состоянии. Но легко образуя в почве соли, они при вытеснении из этих солей могут образовывать с водой только коллоидальные растворы, не способные проникать через перепонки.

Насколько ясны условия освобождения среды от энзимы грибной микрофлоры, креновой кислоты, восстановлением ее в апокреновую кислоту, выпадением последней в нерастворимой форме при вытеснении ее из солей и способность микотрофной деревянистой растительности использовать апокреновую кислоту в качестве источника азота, настолько еще представляются сложными и неясными соотношения между комплексом двух типов травянистых растений и соответствующей ему почвенной бактериальной микрофлоры. Между тем при анализе комплекса первичного почвообразовательного процесса мы становимся перед необходимостью подойти вплотную к ряду процессов, в основе которых лежит железный закон единства противоположностей, и всякая попытка решения этих вопросов применением формальнодедуктивной логики неминуемо приводит в безвыходный тупик.

Несмотря на кажущуюся «отвлеченность» этих положений,

как раз они лежат в основе *правильного* разрешения ряда важнейших производственных вопросов.

Мы имеем два типа травянистых растений. Оба типа объединяются в одну группу признаком синтезируемого ими органического вещества, свободного от присутствия в нем дубильных веществ. Этот признак ярко отличает органическое вещество, синтезируемое зелеными растениями травянистой группы, от органического вещества, синтезируемого группой деревянистых растений, все органы которых пронизаны дубильными веществами.

Наблюдения над разрушением органического вещества, синтезируемого современной флорой, ясно указывают, что остатки деревянистой флоры разрушаются исключительно грибами. При этом процессе грибы выделяют креновую кислоту, которую, анализируя ее отношения к организму грибов, мы можем рассматривать только как типовую экзоэнзиму грибных организмов.

Одновременно, анализируя отношения креновой кислоты к петрографическим элементам рухляка горной породы и к элементам минеральной пищи растений, мы видим, что свойства креновой кислоты находятся в противоречии с основным, качественным признаком живого организма, определять избирательную по отношению к элементам своей пищи поглотительную способность той среды, в которой или на которой он развивается.

Я сумею указать лишь очень ограниченное количество природных и искусственных веществ, которые на холоду или при нагревании не переводятся креновой кислотой в молекулярно-растворимое состояние. К таким принадлежат природное органическое вещество, кристаллический кварц, природные безводные силикаты и алюмосиликаты; из искусственных веществ — только органические вещества и прозрачная кварцевая посуда. Все остальные вещества — платина, золото, олово, свинец, всякое стекло, шлаки и непрозрачная кварцевая посуда —

легко растворяются креновой кислотой, особенно при нагревании. Поэтому всякие работы со свободной креновой кислотой крайне затруднительны. Все, без исключения, соли креновой кислоты (кренаты) легко растворимы в воде, как и сама креновая кислота. Она не летуча, хотя издает характерный специфический запах, который характеризуется то как «запах грибов», то как «запах бани», то как «запах муравьев», то как «запах скипидара».

Если мы обратим внимание на характер соотношений между группами низших зеленых растений и незелеными растительными организмами, разрушающими органическое вещество, то ярко бросается в глаза глубокая связь между низшими зелеными растениями и грибами. Эта связь прослеживается, начиная с одноклеточных водорослей, где она выливается в особенно яркую форму сожительства (симбиоза) водоросли и гриба, образующих комплексный организм. В дальнейшем эта связь не так ярка, но не подлежит сомнению.

Для выяснения, хотя бы в общих чертах, порядка появления качественно различных групп организмов на земной поверхности, нельзя пренебрегать диалектическим анализом взаимоотношений и взаимосвязи ныне известных групп организмов, высших и низших, растительных и животных, и даже не только организмов, но и отдельных органов различных организмов, которые могут оказаться результатом глубокого изменения организма под воздействием многотысячелетнего сожительства в порядке симбиоза, сапрофитизма, паразитизма или еще более сложных взаимосвязей, уже частично вскрытых системой филогенезиса. Такого рода анализ не носит никаких следов ревизионизма, но предупреждает от опасности механистической, «обратной» (если можно так выразиться, не прибегая к «дымовой завесе» иностранных слов) экстраполяции, ни в какой мере не умаляя огромных заслуг филогенезиса как исторического этапа исторического развития биологии.

Появление первичных («накипных») лишайников часто рас-

сматривается как одна из ранних стадий развития *форм* жизни на земной поверхности. С этим нельзя согласиться ни в какой мере. Уже участие хлорофиллоносного растения в «организме» лишайника с очевидностью указывает на длинный ряд миллионолетий, потребовавших обособления зеленого растения, которое мы должны рассматривать тоже как продукт сложного симбиоза. Трудно даже грубо приблизительно составить представление о том, сколько потребовалось времени, чтобы путем выживания наиболее приспособленных наследственно закрепились те качественные признаки, которые характеризуют сложный комплекс организма даже простейшей одноклеточной зеленой водоросли. «Геологические эпохи» — вот единственная формула, которая вследствие ее беспредельной растяжимости одна способна вместить весь огромный объем процессов, с которыми нам еще предстоит столкнуться. Этой же формулой до настоящего момента довольствуется геохимия, упорно не желающая признать биохимическое направление и, может быть, поэтому бессильная в борьбе с дедуктивной логикой.

Но в признании чрезвычайной сложности развития автотрофной жизни растений, снабженных пигментом, лежит еще вопрос о стимуле симбиотрофизма лишайников.

Признание принципа выживания наиболее приспособленного представляет и косвенное признание принципа приспособления к условиям окружающей среды. Так как окружающая среда слагается из многогранных взаимозависимых материальных условий, то по самому существу взаимозависимости она должна находиться в процессе непрерывного изменения. Непрерывность количественных изменений неизбежно приводит к обособлению новых качеств среды. Новые качества среды то становятся на место исчезнувших, то слагаются с ними, то усложняют комплексность материальных условий среды.

Так как мы не можем рассматривать живой организм вне взаимозависимости от условий, т. е. качества материальной среды, ибо сам живой организм представляет качество мате-

риальной среды, сложившееся в результате сложения ее количественных неизбежных изменений, то мы неизбежно приходим к признанию изменчивости как неизбежного, неотъемлемого свойства организма и самого организма как неотъемлемого условия среды, развивающегося, т. е. изменяющегося не только под влиянием мертвых (абиотических) условий среды, но одновременно и под влиянием живых (биологических) условий той же минеральной среды. Другими словами, мы приходим к признанию абиотических (мертвых) условий материальной среды и ее биологических (живых) элементов лишь различными формами движения одной и той же материи.

Рассматривая с этой точки зрения растительную группу лишайников, мы приходим к определенным заключениям. Мы видим два типа растений, водоросль и гриб, находящихся в состоянии сожительства, настолько тесного и развитого, что оба растения представляют один комплексный организм, разъединить элементы которого удается с некоторым трудом, даже в современных (постплиоцен) условиях среды.

Один из организмов, слагающих лишайник, гриб, принадлежит к типу гетеротрофных организмов, т. е. таких, которые вследствие отсутствия в нем органов, способных поглощать световые лучи, могущие участвовать в синтезе органического вещества, принуждены черпать необходимую им энергию путем расщепления органического вещества, синтезированного иным путем. В процессе этого расщепления грибы получают и элементы пищи, причем этот способ питания не исключает способности усваивать элементы пищи и из минеральных соединений. Повидимому, грибы не способны усваивать молекулярный (свободный) азот. Но не подлежит сомнению их способность вводить молекулу (или ион?) азота из минеральных или органических соединений азота в молекулярный комплекс синтезируемого ими органического вещества, т. е. образовывать из углеводов, при наличии источника связанного азота, белки, алкалоиды и другие азотсодержащие соединения.

Качество, лежащее в основе способности синтезировать белки (другие азотсодержащие органические вещества в этом отношении, повидимому, не изучены) из углеводов, при наличии органических соединений азота или аммиачных солей, крайне важно в биологическом отношении (не говоря о производственном его значении), так как оно дает начало новой форме потенциальной энергии — динамической энергии, способной к превращению в организме не только в тепло, но и непосредственно в работу, без посредства какого бы то ни было механизма (в мысль, физиологические процессы и т. д.), тогда как углеводы в организме могут превращаться только в термическую энергию, которую можно превратить в работу только посредством системы рычагов (мускульная работа). Вне организма любое органическое вещество (содержащее или не содержащее азот) может быть превращено (технологическим процессом) только в термическую энергию. Способностью преобразовывать термическую энергию углевода, при наличии источника связанного азота, в динамическую энергию белка обладают только *незеленые низшие организмы*, грибы, актиномицеты, бактерии и, повидимому, простейшие (протозоа).

Перед нами становится вопрос, почему сложный организм лишайника сложился из симбиоза водоросли с грибом, а не с бактерией. Обычное объяснение, что в слоевище гриба водоросль находит среду, способную долго сохранять воду, необходимую для водоросли, страдает механистичностью и далеко не объясняет многие детали. К тому же ведь и многие бактерии образуют так называемые зооглеи, т. е. слизистые сгустки, в которых могли бы найти подходящие условия водоросли, подобно тому как водоросли находят подходящие условия (например, у эуглены и у зеленой гидры) в слизистом теле простейших.

Ответ на вопрос несколько сложнее, хотя он также довольно прост, несмотря на то, что решает вопрос в историческом (геологическом) аспекте, а не в статическом разрезе.

В теле «первичных» одноклеточных водорослей, входящих как составной элемент в слоевище лишайника, развиты в общей клеточной оболочке лишь хлоропласт в качестве синтезирующего органа, ядро в качестве органа размножения и протоплазма в качестве органа связи между хлоропластом, ядром и оболочкой, через которую он связан и с грибницей, оплетающей снаружи клетку водоросли.

При таком вооружении клетки «первичных» водорослей, когда в них имеется лишь один синтезирующий орган, хлоропласт, синтез органического вещества клеткой водоросли ограничен только возможностью образования растворимого углевода и уплотнением его в форму не растворимого в воде углевода. Образовать же из углевода белок хлоропласт не может. Это — функция незеленых низших организмов.

В клетке (первичном структурном элементе) высших зеленых растений функция обращения нерастворимого углевода (крахмала) в состояние растворимого (ликвидация) сахара, принадлежит незеленому пластиду, лейкопласту.

Кроме того, лейкопласту присуща способность синтезировать белки при условии наличия минеральной формы связанного азота. Источником минерального азотного питания могут служить: 1) разложение органического вещества аэробными бактериями, одновременно служа и источником зольной минеральной пищи зеленых растений; 2) усвоение молекулярного (свободного) азота аэробными (азотобактер) и анаэробными (клостридиум) бактериями и 3) усвоение молекулярного азота клубеньковыми бактериями (бациллус радицикола).

Признание за хлоропластом функции только синтезировать водорастворимые углеводы (моносахариды) и уплотнять их в нерастворимые в воде углеводы (полисахариды) и отсутствие у хлоропласта способности обращать в растворимое состояние (мобилизовать) нерастворимые углеводы и синтезировать из углеводов белки (превращать термическую потенциальную энергию углеводов в динамическую форму энергии белков)

основываются на сопоставлении длинного ряда твердо установленных фактов.

Главные из них следующие: сложение так называемого алейронного слоя односеменодольных растений из сплошного сплетения грибницы (гифов) алейронного гриба, функция которого состоит в мобилизации запасов крахмала и белков эндосперма семени (плода) односеменодольных. Существование ряда семейств растений (хорошо изучены вересковые и орхидейные), у семян которых отсутствует алейронный слой и семена которых способны образовывать проростки только при условии наличия в среде прорастания грибницы или спор определенных, узкоспециализированных низших грибов и яркокислой (pH = 4,0—5,0) реакции (вересковая земля садовников). Подавляющее преобладание среди растений земной суши, развивающихся на почвах с кислой реакцией, микотрофного типа зольного и азотного питания (свыше девяти десятых флоры суши земного шара — все деревянистые, все вересковые, все орхидейные, все лилейные, все папоротниковые, все хвощи, все плауновые, все цикадовые, все пальмовые, все амариллисовые, большинство злаков, осоковых, ситниковых). Широкое развитие бактериотрофного питания (развитие специфической аэробной бактериальной флоры в ризосфере высших растений в анаэробной среде) и альготрофного питания у земноводных растений (рис.— Oryza sativa).

Совершенно ясно, что господствующее у нас архаическое направление «классической» физиологии растений и возникшее на ее основе «учение о минеральном питании растений», подменяющее собой широкое понятие «биологической химии» («школа» акад. Д. Н. Прянишникова), представляют научно недопустимое упрощенчество, вытекающее из грубейшей механистической «экстраполяции», допускающей без всякого основания, что минеральное (и азотное) питание растений (всех?) происходит по типу гетеротрофизма (правильнее, раздельного симбиотрофизма). На основе небрежения этим последним термином

(спор не о словах, не «схоластический», а о принципах, которые скрываются за древнегреческой фразеологией и от которой формальнодедуктивная логика не становится «научнее», а остается добрым старым «здравым смыслом», или, выражаясь точнее, обывательской «логикой», возведенной в принцип) агрохимия твердо стала на почву объяснения свойствами *мертвого* минерального рухляка избирательной поглотительной способности *живых* организмов.

Кажущийся сдвиг с мертвой точки агрохимики склонны усматривать в признании поглощающего «комплекса» («школа» акад. К. К. Гедройца, ВИУАА), минерально-гуматного (причем «комплекс» понимается как «сумма»). Здесь уже привлечена древнеегипетская фразеология. Но «хюмос» в переводе означает плодородие (Э. Б. Шёне), и отождествление понятия «плодородие» с понятием «перегной» принадлежит А. Тэеру, и прогресс, вложенный в понятие «поглощающий комплекс», того же порядка, как «гумусовая» теория Тэера, исправленная и дополненная «органо-минеральной» «матьер нуар» Л. Грандо и Эггертца. Насколько далека агрохимия от правильной биологической концепции о почве, видно из того, что до сих пор еще сохранился взгляд Э. Вольфа на органические остатки как на «случайную» примесь к почве, и аналитики теряют немало труда и дорого оплачиваемого времени на выбирание из навески почвы (только для определения перегноя) мельчайших корешков.

Вся совокупность изложенных фактов в их взаимозависимости и взаимоотношениях заставляет признать клетку высших зеленых растений не за первичный структурный их элемент, а за ограниченную клеточной оболочкой часть пространства, занятого телом растения, в котором протекает в симбиотическом сожительстве жизнедеятельность двух первичных элементов — организмов: хлоропласта, первичной водоросли, и лейкопласта, первичного гриба. Оба организма связаны белковой средой, протоплазмой, составляющей интерферирующую часть, повидимому, хлоропласта. Каковы биологические соотношения

указанных первичных элементов к органу размножения клетки, еще не выяснено, хотя они достаточно выявляются в процессах деления клетки и оплодотворения семяпочки.

Только такая концепция дает возможность правильно и без натяжек объяснить производственно важнейшие вопросы о причинах большой разницы в требованиях различных групп культурных растений в воде, о причинах отсутствия такой разницы у зерновых бобовых в сравнении с зерновыми злаками, о причине необходимости дыхания для зеленых растений, о причинах различной «требовательности» различных групп культурных растений и многие другие производственно важные вопросы.

Возникает вопрос о стимуле, бывшем причиной широкого развития симбиоза первичных водорослей именно с низшими грибами, а не с другой группой гетеротрофных организмов. Стимул этот мне представляется до очевидности ясным, и он проливает яркий свет на последовательность развития организмов.

Мы уже пришли выше к выводу, что свободная углекислота в атмосфере представляет продукт распада органического вещества при жизнедеятельности гетеротрофных организмов, грибов, анаэробных бактерий и аэробных организмов.

Вопрос о том, какой тип гетеротрофных организмов, аэробный или анаэробный, развился геологически раньше, решается формулой Пастера, что «наиболее ярко выраженный противник аэробиозиса сам аэробиозис». Если мы представим сосредоточенную массу мертвого органического вещества в природных условиях, на воздухе, то с поверхности ее должен развиться аэробный процесс. Этот процесс будет поглощать весь кислород, который в силу разности потенциалов (напряжения) парциального давления кислорода в атмосфере и в массе органического вещества будет стремиться проникнуть в органическое (мертвое) вещество. Но чем больше будет стремление кислорода, тем ярче будет аэробный процесс на поверхности и тем, так сказать, плотнее будет становиться кислородный экран. Яркость

аэробного процесса может достигнуть «самопроизвольного» воспламенения органического вещества (штабели каменного угля, стога сена, кипы хлопка и шерсти и т. д.).

Но для осуществления возможности стать кислородным экраном нужно накопление слоя, хотя бы в несколько миллиметров, мертвого органического вещества.

Образование (синтез) органического вещества зелеными растениями требует, кроме притока кинетических форм энергии, кроме притока угольной кислоты, воды и кислорода, еще и наличия усвояемых форм зольной и азотной пищи растений. Все эти факторы жизни зеленых растений, кроме элементов их зольной пищи, притекают из атмосферы. Но количественный приток их зависит не только от скорости геологического круговорота воды на поверхности Земли, но и от количественного содержания в атмосферной воде главного фактора выветривания, угольной кислоты, и от содержания в ней кислорода и водорода, первичных факторов, определяющих содержание в атмосфере минеральных форм связанного азота.

В свете современных воззрений на причины геотермического градиента Земли (распад радиоактивных элементов), мы не имеем никаких оснований предполагать какие-нибудь изменения в скорости геологического круговорота воды. Нет также достаточных оснований для утверждения о большей вулканической деятельности в течение неизмеримого времени прошлых геологических эпох, не рискуя ступить на скользкий путь экстраполяции и механицизма.

Наряду с высказанным соображением возникает следующее: могло ли произвести сколько-нибудь заметное влияние на ускорение темпа накопления органического вещества на земной поверхности ускорение геологического круговорота воды или увеличение количественного содержания углекислоты в воздухе.

Сопоставляя все то, что нам известно о синтезе живого органического вещества зелеными растениями, мы приходим

к отрицательному выводу. Кроме так называемых органогенов, в состав *природного органического вещества* (разумея под этим понятием не какое-нибудь специфическое соединение или группу соединений, а весь комплекс всего органического вещества всего земного шара, какого бы происхождения ни было это вещество — растительного всех типов и порядков растений, животного также всех типов и порядков, микроорганизмов, без различия растительных и животных) входят, кроме углерода, кислорода, водорода и азота, в значительных количествах кальций, калий, сера, фосфор, магний, натрий, железо, кремний, хлор, фтор, алюминий, и далее следует обширная группа так называемых микроэлементов (название не совсем правильное, ибо они таковые по отношению к обычным культурным растениям, чего мы не можем утверждать по отношению ко всем природным живым существам); таковы иод, бром, бор, цинк, литий, медь, золото, серебро, титан, мышьяк, ртуть, олово и ряд других, об участии которых мы еще не знаем (из перечисленных участие некоторых нуждается в подтверждении).

Из всех этих элементов лишь органогены легко доступны наземным (и водным) растениям. Они притекают к растениям в порядке геологического круговорота воды. Но даже и из этих элементов приток азота в связанной форме был ограничен малым содержанием кислорода в атмосфере. Молекулярный кислород в тропосфере мог быть только продуктом расщепления углекислоты зелеными растениями, так как другого источника его мы указать не можем. Потребление же кислорода в стратосфере было очень значительно. Прежде всего он должен был потребляться чисто абиотическим (без участия живых организмов) процессом. Вследствие отсутствия озонового экрана ультрафиолетовые лучи проникали до поверхности Земли как на суше, так и в области Океана. Под влиянием этих лучей первые порции кислорода (образующегося в стратосфере) должны были уплотниться в молекулы озона. Потребление кислорода этим процессом надо считать величиной постоянной,

так как по мере потребления озона на окисление азота его количество в атмосфере должно было возобновляться на основании закона действующих масс. Пока не установилось нормальное содержание озона, достаточное для образования озонового экрана, образование окислов азота в атмосфере должно было быть ограниченное, и приток связанных форм азота к земной поверхности должен был ограничиться только углеаммиачной солью.

Вторым процессом абиотического потребления кислорода было образование перекиси водорода, содержание которой в атмосфере — величина, довольно постоянная (Э. Б. Шёне).

Биологическое потребление кислорода не всегда заканчивается образованием непрочных соединений. Как на пример такой реакции можно указать на деятельность хемотрофных железобактерий и марганцовых бактерий, окисляющих закисные соединения железа и марганца в формы высшего окисления, окисную железную соль железной кислоты и окисную марганцовую соль железной или марганцовой кислоты, образующих колоссальные залежи железных и марганцовых руд (красный железняк, железистые, правильнее железные, песчаники, желтые и красные охры, сьенская земля). Весьма вероятно, что и залежи боксита подобного же происхождения.

Если недостаток органогенов может служить причиной медленности образования органического вещества на земной поверхности в начальных стадиях зарождения жизни, то роль зольных элементов не подлежит никакому сомнению.

Зольные элементы пищи растений входят в состав горных пород или в соединениях, не усвояемых зелеными растениями, или в состоянии заключенных в каменную оболочку, в виде редчайшего равномерного рассеяния.

Даже при изобилии наличия первой группы элементов они не могли послужить стимулом усиления наземной зеленой флоры в результате степени своего рассеяния во всей массе первичных щелочных и ультращелочных горных пород. К таким, в сущно-

сти, редким элементам принадлежат сера и фосфор, входящие в конституционный состав природного органического вещества.

Серу и фосфор приходится рассматривать как конституционные элементы *всякого природного* органического вещества. Хотя сера входит в состав молекулы лишь некоторых белков, наиболее биологически важных, но мы не можем представить себе и допустить природный синтез какого бы то ни было органического вещества при отсутствии участия серусодержащих белков. Поэтому природное органическое вещество *всегда* представляет сложную смесь разнообразнейших органических соединений, всегда содержащую серу. Всякое природное органическое вещество при анаэробном разложении выделяет сероводород (вернее, сернистый аммоний).

В еще большей мере это касается фосфора. По новейшим воззрениям, углеводы представляют сложные эфиры фосфорной кислоты, и так как большинство органических веществ природного происхождения представляет производные углеводов, то почти всякое природное органическое вещество содержит фосфор, не говоря о том, что фосфор, подобно тому как сера, входит в конституционный состав важнейших белков.

Сера и в особенности фосфор в первичных щелочных горных породах находится в форме чрезвычайного рассеяния.

Первичная флора поверхности суши Земли состояла из хемобактерий, эубактерий, слизистых грибов, низших грибов, первичных водорослей и лишайников. Все представители этой флоры, кроме лишайников, ютятся исключительно на самой поверхности горной породы, а незеленые и на поверхности стенок ее трещин. Большинство первичных щелочных и ультращелочных горных пород изобилует минералами, содержащими закисные формы железа и марганца и сернистые соединения. При абиотическом окислении этих минералов свободным кислородом, проникающим в термические трещины горных пород с водой геологического круговорота, образовывались нерастворимые окиси железа и марганца, свободная серная кислота

и сернокислая закись железа как первые фазы окисления этих минералов. Кроме того, при процессе окисления происходит значительное увеличение объема окисляющихся петрографических железистых элементов породы.

В результате получалось глубокое разрыхление горных пород, и так как при разрыхлении, вследствие разрушения части минералов, порода рассыпается по *плоскостям* спайности, рухляк, представляющий россыпь граненых кристаллов, обладает значительной проницаемостью (для гравитационной воды), но чрезвычайно малой влагоемкостью (для волосной воды) и отсутствием волосности.

При таком сложении породы в ней ни при каких условиях не может возникнуть восходящий ток (волосной), так как все волосные промежутки ее, образующиеся в местах соприкосновения кристаллов и удерживающие волосную воду в виде менисков, разъединены неволосными промежутками (трубки Жамена). В такой породе преобладают исключительно процессы вымывания растворимых соединений и вымывания коллоидально измельченных.

Поэтому Океан все больше обогащался коллоидально измельченными веществами (преимущественно гидратами окисей железа и марганца и аморфной кремнекислоты) и воднорастворимыми галоидными солями.

Наземная же флора также смывалась делювиальными водами и промывалась через толщи рухляка; частью она также проникала в Океан и частью оставалась в толще рухляка. Из отдельных типов наземной флоры, остававшейся в толще рухляка, не все могли найти в нем условия жизни. Прежде всего все организмы, обладающие пигментом — хлорофиллом или другим, позволявшим им поглощать свет, очевидно, могли продолжать развиваться лишь до той глубины, до которой рухляк был лучепрозрачен. Поэтому водоросли и лишайники (накипные) могли развиваться лишь до незначительной глубины. За этими автотрофными организмами следуют вообще

аэробные организмы; они сами своим аэробиозисом определяли глубину возможности своего существования согласно закону Пастера — Виноградского. Поэтому хемотрофные бактерии, аэробные эубактерии, актиномицеты, грибы и простейшие (протозоа) могли развиваться лишь до сравнительно небольшой глубины.

Таким образом, с глубины, различной для различных рухляков, в зависимости от конкретных для каждого рухляка условий его залегания, лучепрозрачности и кислородопроницаемости, в его массе могли развиваться только анаэробные бактерии при условии притока к ним мертвого органического вещества.

Наземная флора, проникшая в Океан, встретит в нем совершенно иные условия, чем те, которые господствовали в толще рухляка термического выветривания.

Нужно не упускать из виду, что от времени зарождения жизни на поверхности суши до осуществления возможности массового проникновения живых элементов суши в Океан протекли геологические эпохи.

Для осуществления возможности образования трещин первичной горной породы, т. е. ее термического выветривания, необходима смена высокой дневной температуры поверхности горной породы под влиянием притока солнечного тепла и ночного охлаждения той же поверхности под влиянием ночного лучеиспускания.

Эти условия для своего осуществления требовали охлаждения поверхности всей Земли до такой температуры, чтобы внутренний тепловой градиент не мог погашать влияния развития широтных климатических зон.

Не подлежит сомнению, что этот процесс потребовал также геологических эпох для распада радиоактивных элементов поверхностных слоев первоначальных горных пород и для погребения их мощной нерадиоактивной кремнеземистой оболочкой.

Охлаждение поверхности земли до температуры, допускавшей обособление климатических зон, повлекло за собой ряд последствий. Атмосфера освободилась от огромного содержания водяного пара, окутывавшего земной шар и не допускавшего лучей солнца до поверхности Земли (Ставровский). Значения этого момента нельзя недооценивать, это было началом притока новых форм энергии. С этого момента получила возможность начать процесс своего развития пигментная (не только зеленая) флора суши, а следовательно, развился стимул усиления бактериальной и грибной флоры, могли начать свое развитие водоросли и лишайники.

Только с этого момента получила возможность начала развития кора термического выветривания, и геологический круговорот воды стал не только обмывать поверхность суши, но и промывать развивающийся рухляк.

Тот же момент понижения температуры не мог не отразиться глубокими количественными изменениями условий Океана, а следовательно, и развития его качественных признаков.

Прежде всего освобождение атмосферы от огромного содержания водяного пара повлекло соответствующее увеличение количества воды в Океане. Установление климатических зон привело к обособлению двух мощных скоплений льда на обоих полюсах оси вращения Земли и огромных скоплений материкового льда на высочайших вершинах первобытной складчатости суши.

Мы можем утверждать, что в связи с прэцессионным вращением массы Земли количественное выражение массы льда на всей поверхности Земли — величина, почти постоянная или изменяющаяся в сравнительно нешироких пределах.

Со времени установления постоянной массы материкового льда, систематически передвигающейся по всей земной поверхности, процессы снашивания, размыва и смыва суши получили яркое выражение, и все детали и производные геологического круговорота воды получили полное оформление и развитие.

Не менее глубоки были и изменения, происшедшие в воде океанов (в узком смысле слова). В результате увеличения абсолютного количества капельножидкой воды на поверхности Земли обособилась область так называемого «глубокого моря». В результате развития процессов снашивания, размыва и смыва поверхности суши и усиления процессов физического выветривания развились так называемые «континентальные платформы», или шельфы, и обособилась область так называемого «мелкого моря», область отложения осадочных пород и, следовательно, область развития метаморфизма, преобладания диагенезиса и развития магмы, сначала ультраосновной и щелочной, а по мере развития на поверхности суши зеленых растений и кислой алюмосиликатной, сначала с преобладанием щелочей и позже — щелочных земель. Здесь же постепенно развились и процессы вулканизма.

Кроме этих морфологических изменений и их качественных функций, понижение температуры воды Океана немедленно отразилось на растворимости в ней газов. В воде Океана появился растворенный кислород, и стала возможна аэробная жизнь.

Вместе с тем в воде Океана в возрастающем количестве стали появляться водорастворимые соединения, получающиеся вследствие преобладающего кислородного выветривания рухляка термического выветривания. При этом выветривании, связанном с образованием трещин и разрыхлением горной породы, выделялись и соединения серы, фосфора, магния, хлора, которые не могли быть использованы скудной незеленой флорой, заносимой в проницаемый рухляк.

Вносимые в Океан водорастворимые минеральные соединения вместе с водорастворимым органическим веществом, урываемым с поверхности суши геологическим круговоротом воды, создали вместе с преимуществами жидкой фазы лучшие условия для развития вносимых тем же путем в Океан растительных организмов суши.

Типичный признак морских организмов первых периодов развития жизни в Океане — крайне малое содержание в них кальция. В первичных горных породах кальций содержится в подавляющем преобладании в форме алюмосиликатов и силикатов, и лишь ничтожное количество его связано с фосфором и галоидами. Выветривание силикатов и алюмосиликатов осуществляется под воздействием угольной кислоты, которой едва хватало для жизни водорослей. Все количество кальция, связанное с фосфором, потреблялось на синтез белков, и все другие нужды организмов должны были удовлетворяться кремневой кислотой и органическим веществом.

В соответствии с этим мы встречаем в ранних организмах моря, диатомовых водорослях, кремневые панцыри. Преимущества жидкой фазы в снабжении организмов необходимым энергетическим и строительным материалом сказываются в том, что в то время как наземная жизнь еще ведет борьбу за обособление элементов плодородия твердой фазы — почвы, водные организмы, использующие те элементы плодородия, которых не в состоянии были использовать наземные организмы, значительно опережают в своем развитии наземные организмы.

Это сказывается в том, что уже в ранние стадии своего развития морская флора отщепляет ветвь морской фауны в виде радиолярий, имеющих тот же отличительный признак, кремневый панцырь.

Насколько медленно шло обособление биологического круговорота вещества на материковом отрезке траектории геологического круговорота воды по сравнению с океаническим отрезком той же траектории, можно судить по тому, что морская фауна успела пройти огромный путь развития от радиолярий через трилобитов до ганоидных рыб, причем у всех этих организмов их скелетные части построены без участия кальция, из органического вещества, хитина и хрящевой ткани с участием кремнезема и что в то же время очень медленно развивались

организмы с известковым скелетом, в котором как реликтовый элемент сохраняется участие хитина и хрящевой ткани.

В течение геологических эпох развития этих организмов шла упорная борьба наземной флоры за обособление элементов плодородия в рухляке суши, и только по мере развития природного (естественного) плодородия суша могла снабжать Океан кальцием.

Первичная флора щелочных и ультращелочных горных пород первичной суши земной коры, бактерии, грибы, водоросли и лишайники, могла обусловить лишь намек, если можно так выразиться, на качественный признак почвы и ее отличие от горной породы, концентрацию элементов зольной и азотной пищи растений или избирательную поглотительную способность. Эта способность присуща только живому органическому веществу и сохраняется в мертвых органических остатках (не перегное) только по отношению к элементам, конституционно связанным с органическим веществом.

Очевидно, что вследствие того, что указанные зольные элементы в горных породах содержатся в виде очень редкого рассеяния, и вследствие отсутствия корневой системы у первичной флоры горных пород, усвоение этих элементов должно было быть ограничено ничтожным минимумом и могло распространяться лишь на ничтожную глубину, даже по отношению к лишайникам.

Приток растворимых в воде соединений зольной и азотной пищи растений, вследствие отсутствия восходящего волосного тока воды в рухляке термического выветривания, мог осуществляться только двумя крайне несовершенными и прерывчатыми процессами. После всякого дождя на поверхности всех плоскогранных механических элементов термического рухляка образовывался диффузный слой так называемой пленочной воды. Этот слой передвигался вверх на смену испаряющейся с поверхности гигроскопической воды и уносил в том же направлении и все растворимое, не промытое предыдущим нисходя-

щим током, по окончании которого он сам только и мог образоваться. Этим путем образуются в бездождные промежутки кристаллические «выцветы» солей (эфлоресценции) на рухляках в горных местностях. Второй путь состоит в осмотическом передвижении воднорастворимых соединений пищи растений по слою пленочной воды. Осмотический ток побуждается разностью концентраций вследствие поглощения элементов пищи поверхностной флорой.

Очевидно, что крайне ограниченное зольное питание первичной наземной флоры должно было служить причиной чрезвычайно медленного ее прогрессивного развития. Это предположение находит подтверждение в том, что, как мы уже приводили, поразительно длительно господствовали в морской палеофауне виды и роды животных с кремневым и хитинным скелетом и чрезвычайно медленно проникало участие в построении скелета морских животных кальция, столь характерного для современной фауны.

То соображение, что малое участие кальция в построении скелета древней морской фауны находит объяснение в большой плотности жидкой фазы, среды их обитания, по сравнению с газовой фазой, средой обитания наземных животных, не встречает подтверждения в том, что в числе представителей современной высшей морской фауны подавляющее преобладание принадлежит животным с известковым скелетом. Между тем ганоидные рыбы с хрящевым скелетом, несомненно, принадлежат к вымирающим реликтам и приурочены к наиболее геологически древним областям материков.

То же самое мы видим и в распределении кальция и кремния в построении панцырей и раковин современной низшей морской фауны. Почти исключительно в области мелкого моря, на материковой террасе (шельфе) отлагаются мощные пласты мела, известняков, коралловых рифов и других морских известковых осадочных пород.

И в области мелкого моря до очевидности ясно выражено

количественное влияние притока воднорастворимых солей кальция (преимущественно бикарбоната извести) с материка.

Огромные аммониты (1—1,5 м в диаметре), белемниты длиной до 1,5 м, огромные грифеи и остреи в 0,5 м (юра), огромные продуктусы и спириферы (карбон), тридакнии в 2 м (купель собора Нотр дам де-Пари) развиты только в прибрежных областях. Область перехода материковой террасы в глубокое море сложена мощными толщами (1—5 км) мелкозернистых известняков, немых или заключающих редкие и мелкие отпечатки моллюсков.

Области же абиссальных (пропастных, «бездонных») глубин глубокого моря (достигнутых до 10 км) покрыты исключительно глобогериновым и радиоляриевым илами, в которых кальций представлен только в форме исключительно трудно растворимых зубов акул. Сам ил состоит, повидимому, только из кремневых панцырей, коллоидально измельченных окисей (гидратов?) железа и марганца (и алюминия?) и из вулканической пыли (и из кокса пароходного дыма).

Распределение кальция (и внесение с ним фосфора и фтора, составляющих совместно с кальцием конституционные элементы костяка высших животных) представляет яркую иллюстрацию положения, что *избирательная* поглотительная способность не физическое, не химическое и не физико-химическое свойство среды (почвы или Океана), а есть *биологическое* качество *живого* органического вещества, *всякого* организма, *биосферы*. Вместе с тем выпукло обрисовывается положение, что разница в выражении плодородия почвы и плодородия Океана (в широком понимании слова) не качественная, а представляет лишь количественное различие выражения одного и того же качества, определяемое различием качеств тех сред, в которых оно выявляется.

Сопоставляя развитие океанических биоценозов (биологических группировок) с подобными же группировками суши, мы должны констатировать не только количественное различие

в темпах их развития, но и глубокую качественную разницу.

В то время как в Океане мы видим ясное прогрессивное развитие животной жизни, которое, без сомнения, совершалось на фоне развития растительной жизни, мы должны отметить две особенности этого развития. Мы видим поразительное обилие остатков животной океанической жизни, в которых ясно прослеживается процесс выживания наиболее приспособленных к наличным условиям форм и которые непрерывно закрепляют новые признаки, представляющие функцию изменения условий среды под их же влиянием.

Наряду с этим нельзя не отметить поражающей бедности остатков как океанической, так и наземной флоры. Что касается скудости остатков океанической флоры, то она находит отчетливое объяснение в свойствах жидкой среды, в которой протекало их развитие. Эти свойства совершенно погасили самый стимул прогрессивного развития морских растительных организмов и привели к остановке его на стадии водорослей. Свойства жидкой среды обусловили совмещение двух жизненных систем растительного организма, ассимиляционной и абсорбционной, и привели к утрате необходимости в транспирационной системе. Те же свойства жидкой среды обусловили полную бесполезность как сосудистой, так и механической системы. В результате развитие океанической флоры застыло на первичных стадиях бактерий и водорослей. И только в узко ограниченных условиях прибрежной полосы Океана (в широком понимании) встречаются высшие растения, регрессивное развитие органов которых не оставляет сомнения в их наземном происхождении. Поэтому в морских (правильнее океанических, в широком смысле) отложениях мы находим лишь диатомиты и амидные соединения в нефти (Вл. Р. Вильямс).

Поразительное разнообразие эволюционных форм океанической фауны и дало повод к возникновению механистической гипотезы зарождения жизни в Океане и «выползания» ее на земную сушу (Окен).

Другую картину мы видим на земной суше. В течение нескончаемых веков тянется почти без изменений эпоха первобытной флоры, оставляя после себя трудно уловимые следы. Сначала хемотрофы. Неисчислимые миллиарды тонн железных руд, о характере которых говорилось выше, красноречиво свидетельствуют о длительности тех геологических эпох, которые протекли для их накопления. И эти скопления окисных железных соединений мы должны рассматривать как *ископаемые погребенные почвы*, как результаты избирательной поглотительной способности, присущей лишь живым организмам, как их качественный признак, определяемый необходимостью поглощения ими элементов пищи и разрушения источника энергии для выявления их главного качественного признака, необходимости и способности размножаться. И мы находим как реликт источника энергии первичной флоры земной суши окисные соединения железа и марганца и как реликт ее пищи — фосфор и серу, постоянные спутники железных руд, образовавшие под действием глубинного процесса диагенезиса фосфористое и двусернистое железо.

Совершенно понятно, что качественный признак живого организма, его избирательная поглотительная способность не могла оставаться неизменной, а должна была изменяться и количественно, а следовательно, и качественно по мере прогрессивного развития самого организма. На заре жизни мы видим подавляющее скопление окисных соединений железа (и марганца), в котором отсутствуют конституционные элементы протоплазмы, фосфор и сера. Между тем фосфор и сера и представляют неизменный признак избирательной поглотительной способности живого организма в более поздних отложениях. Они представляют конституционные элементы протоплазмы (и ядра) и сохраняются как упорный реликт всюду, где была жизнь.

При прослеживании развития ископаемых почв в хронологическом порядке мы приходим к выводу, что первичная форма

жизни, хемотрофные бактерии, развивалась в двух направлениях (в порядке филогенезиса в направлении двух колен). Хронологически первым коленом (или ветвью «генеалогического дерева») должны были быть эубактерии. Хронологически первой группой должны были развиться аэробы. Скачок от хемотрофов до аэробов эубактерий потребовал лишь развития и закрепления путем «естественного отбора» наследственной передачи способности выделять «аэробную экзоэнзиму», разрушающую органическое вещество. Скачок небольшой, так как хемотрофы уже выделяли «аэробную энзиму». Стимул к развитию новой энзимы обладал яркой категоричностью, так как приток фосфора и серы, безусловно необходимых хемотрофам, мог быть лишь очень ограниченным, почти случайным, и отложение фосфора и серы в форме мертвого органического вещества отживших хемотрофов было бы синонимом острого фосфорного и серного голодания хемотрофов, лишенных возможности проникнуть в массу породы.

В дальнейшем повелительный стимул развития анаэробов эубактерий был двойной: ограниченное содержание кислорода в первобытной атмосфере и влияние защитного аэробного слоя на поверхности органического вещества (Пастер — Виноградский).

Вполне естественно предположение, что развить и наследственно закрепить способность выделять «анаэробную энзиму», разрушающую органическое вещество, было проще в колене аэробных эубактерий, которые уже выделяли «аэробную экзоэнзиму», разрушающую органическое вещество, чем у хемобактерий, не способных выделять экзоэнзиму, разрушающую органическое вещество. За это говорит и близость общих свойств этих «аэробной и анаэробной» экзоэнзим.

Роль эубактерий в первичном почвообразовательном процессе колоссальна. Помимо способности разрушать органическое вещество, синтезированное хемотрофами, и возвращать в «биологический круговорот» элементы пищи хемотрофов,

серу и фосфор, по меньшей мере, две расы эубактерий, одна аэробная (азотобактер) и другая анаэробная (клостридиум), унаследовали от хемотрофов и развили способность связывать молекулярный азот и образовывать свободную азотную кислоту.

Появление такого сильного растворителя, как азотная кислота, оказало огромное влияние на ускорение процесса химического выветривания первичных горных пород (Мюнц, Одинцова). Результатом действия азотной кислоты преимущественно на алюмосиликаты было отложение первичных залежей каолинитов. Воднорастворимые нитраты одновалентных металлов, выщелачиваемые геологическим круговоротом воды в океаны, претерпевали на пути разнообразные реакции, в результате которых неизменно получались воднорастворимые соли одновалентных металлов.

Иной была роль двухвалентных металлов, преимущественно кальция. Как и по отношению к нитратам одновалентных металлов, ион азотной кислоты нитрата кальция усваивается всеми растительными организмами в качестве азотной пищи. Освобожденный ион кальция тотчас соединяется с молекулой кислорода, образуя молекулу окиси кальция. Окись кальция при термодинамических условиях поверхности Земли (средняя температура 15° и среднее давление 760 мм ртутного столба) не может оставаться в свободном состоянии и соединяется с молекулой углекислого газа, образуя углекислую окись кальция.

Обособление углекислой извести на поверхности суши приходится рассматривать как геологическую эру не только по отношению к области Океана, но главным образом по отношению к области суши.

И в данном случае выявляется глубокая диалектическая взаимосвязь между двумя носителями одного общего качественного признака плодородия, почвой и Океаном (в широком смысле).

Эта связь носит яркий отпечаток двойственности по отношению к области Океана. С одной стороны, живые элементы

Океана получили более обильный и не требующий затраты созидаемого пластического материала источник построения скелетов обитателей Океана. Более обильный, чем кремневая кислота, приток которой ограничивался тем, что большое количество ее переходило в форму кремнезема вследствие кислой реакции экзоэнзим бактериального и грибного населения земной суши. И кремневая кислота стала притекать в Океан преимущественно в форме коллоидального раствора.

Это и служило стимулом к преобладанию хряща и хитина как материала для построения скелета. Но хрящ и хитин требуют затраты большого количества пластического материала, результата синтеза органического вещества, азотного, близкого по свойствам к белкам. Поэтому становится вполне понятной огромная роль молекулярно-растворимого бикарбоната окиси кальция. Он легко переходит на хитинной основе у низших животных и на хрящевой основе у высших в сложный комплекс углекислой извести и фтористого кальция костей, раковин и эмали, дающий твердую основу для прикрепления мускульной ткани. Необходимое присутствие галоида, фтора, обеспечено. Фтор всегда наличествует в растворе в воде Океана (в широком смысле) как результат выветривания первичных горных пород.

И под воздействием этого нового условия скачком, как взрывом, развилась новая форма океанической фауны, уже упомянутая выше: огромные особи обитателей шельфа, континентальной платформы, неподвижно прикрепленные к месту своего зарождения, подвижная фауна гигантских морских ящеров и фауна костистых рыб, в преобладающем числе акул.

Но новый стимул, углекислая окись кальция, сносимая в Океан, придал ему новое качество. Океан стал регулятором содержания угольной кислоты в атмосфере (Т. Шлезинг, старший), придав новое качество земной атмосфере, постоянство содержания в ней углекислого газа.

С другой стороны, новое качество атмосферы тотчас вызвало новое явление на суше. Началось *химическое выветривание*

рухляка термического выветривания первичных горных пород.

Несмотря на ничтожное (0,03%), но постоянное содержание углекислого газа в атмосферном воздухе (мы не располагаем никакими реальными данными, чтобы допустить возможность большего содержания углекислоты в атмосфере в ранние геологические эпохи, кроме грубо механистических допущений), это ничтожное содержание представляет фактор огромной геологической мощи. Он, сочетаясь с большим, геологическим круговоротом воды, создавал как бы бесконечное непрерывное воздействие насыщенного раствора углекислоты в воде на рухляк термического выветривания первичных горных пород. Одновременно тот же ток воды создает условия немедленного растворения и удаления с места реакции всех растворенных в воде и в растворе углекислоты в воде продуктов реакций. Таким образом, создается фактор необычайной мощи, доставляющий фауне Океана все необходимые элементы ее развития. Понятно, что этот момент влиял также положительно на бурное развитие морской фауны с известковым скелетом.

Одновременно тот же момент появления в толще рухляка элементов пищи растений должен был вызывать и ряд новых явлений на поверхности суши.

Появление в толще рухляка растворимых в воде соединений элементов пищи растений должно было вызвать явления *хемотаксиса*. Под хемотаксисом мы понимаем свойство растений и их органов развиваться там и в том направлении, где имеется наличие усвояемых форм элементов их пищи. Самоочевидно, что иначе и не может быть, и свойство хемотаксиса не представляет явления раздражения на расстоянии, а представляет простую функцию наличия элементов плодородия среды и условий ее плодородия.

Раз в толще, в массе рухляка, появились усвояемые формы пищи растений, то растение должно было начать развиваться в этом направлении.

Растения, покрывавшие поверхность суши, состояли из хемобактерий, аэробных эубактерий, анаэробных эубактерий, низших грибов (и актиномицет?), водорослей и лишайников.

Очевидно, что ни хемобактерии, ни аэробы, ни водоросли, ни грибы самостоятельно не могли проникнуть в массу рухляка, в которой господствовали условия анаэробиозиса под покровом аэробной пленки поверхности. Могли проникнуть только анаэробные бактерии. Их проникновение на значительные глубины не представляло трудностей вследствие значительной проницаемости рухляка термического выветривания. Необходимое для жизни анаэробов органическое вещество в изобилии притекало в форме экзоэнзим аэробной флоры поверхности и в форме водорастворимых продуктов обмена веществ, гидролиза тех же аэробов.

Уже развитие анаэробной жизни в массе рухляка положило начало ограничению притока элементов пищи в область Океана, на поверхности суши началось обособление почвы не только на поверхности рухляка, но и в его массе, и живые элементы почвы задерживали в своих организмах элементы пищи растений.

Вторая группа организмов, проникавших в массу рухляка, были лишайники. Организмы, их слагавшие, в отдельности не могли проникнуть в толщу рухляка. Но в их симбиотическом развитии были уже заложены зачатки развития тканей, и дальше, путем закрепления выживанием наиболее приспособленных, развились в результате изменчивости растения с корневой системой. Наземная флора все более завоевывала толщи рухляка, и все меньше становился приток элементов пищи растений в область Океана.

Характер рухляка термического выветривания также коренным образом изменился. Неволосные промежутки между элементами термического рухляка были заполнены нерастворимыми продуктами химического выветривания, кремнеземной пылью, каолином, окислами железа, алюминия и марганца. Сначала быстрый ток воды, промывавший рухляк термического

выветривания, сменился медленным током по узким трещинам, и наземная флора получила огромное преимущество для полного исчерпания элементов пищи растений.

Наступила современная эпоха единого почвообразовательного процесса. *Единого, охватывающего и Сушу, и Океан.*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И РОЛЬ ЕГО В РАЗВИТИИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА



‹СТАТЬИ И РЕЧИ›

ЗНАЧЕНИЕ ТРУДОВ В. В. ДОКУЧАЕВА В РАЗВИТИИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ[2]

Докучаев Василий Васильевич принадлежит к числу наиболее выдающихся ученых конца XIX столетия, имеющих мировое значение. Его трудами положено начало той огромной и важной отрасли нашего знания, которая известна под именем генетического почвоведения.

Нельзя представить себе дело так, что до В. В. Докучаева никаких знаний, никакой науки о почве не существовало, что В. В. Докучаев основал совершенно новую отрасль человеческого знания, не существовавшую до него.

До В. В. Докучаева накоплено было огромное количество разнообразных сведений о почвах и их плодородии. Над исследованием почв раньше В. В. Докучаева работали такие крупные силы, как Фаллу, Паллас, Либих, Мурчисон, Эйхвальд, Шлезинг, Дегерен, Шюблер, Вольни и др.

Уже до В. В. Докучаева наметились два основных течения в почвоведении, существующие и до настоящего времени: 1) изучение генезиса почв и 2) исследование физических и химических свойств почв. Свойства почв во второй половине XIX столетия до такой степени были изучены, что уже Карл Маркс в «Капитале» мог говорить об отсутствии в природе естественных почв, т. е. почв, не измененных человеком, мог говорить о различии естественного и эффективного плодородия их.

Историческая заслуга В. В. Докучаева заключается в том, что генезис почв он поставил основной целью почвенных исследований, что вместо отдельных разрозненных мнений о процессе почвообразования и факторах, обусловливающих его, вместо эмпирического изучения отдельных свойств почв он создал учение о почве как об особом природном теле, развивающемся под совместным влиянием пяти природных факторов. До Докучаева почвоведение было эмпирической наукой; в результате трудов Докучаева оно стало широкой естественнонаучной дисциплиной.

Вот слова самого В. В. Докучаева по этому поводу (речь идет об агрономах и геологах): «Почва, по их определению, не есть естественное самостоятельное тело, которое, как и всякое другое тело, как и всякий другой организм, имело бы свое происхождение, свою историю развития, свой наружный габитус, — словом, это не предмет, достойный занять свое место в естественной истории, это не тело, которое следует прежде всего изучать с научной естественно-исторической точки зрения, — нет, почвы считались до сих пор только средой, предназначенной для извлечения из нее возможно больше выгоды, почти никто не заботился о том, чтобы изучать их как естественные тела... здесь-то и лежит ... одна из важнейших причин, почему почвоведение и до сих пор еще не может быть названо наукой. Оно и по настоящее время очень часто идет ощупью, часто эмпирически, при решении иногда насущнейших вопросов земледелия».*

В. В. Докучаев был весьма разносторонним ученым. Круг его научных интересов был очень широк; он оставил после себя огромное литературное наследство. Главнейшие вопросы, над которыми трудился В. В. Докучаев, следующие: 1) происхождение, свойства и производственная роль почв; 2) строение и происхождение речных долин и другие вопросы динамической

* В. В. Докучаев. «Ход и главнейшие результаты... исследования русского чернозема». 1881 г.

геологии; 3) вопросы гидрологии; 4) опытное дело; 5) сель ско хозяйственное образование. Им написано 129 работ; кроме того, много работ вышло по инициативе и под редакцией В.В. Докучаева. Из его многочисленных и разнообразных работ особенно выдаются по своему содержанию и значению следующие: 1) «Способы образования речных долин Европейской России», 1878; 2) «Русский чернозем», 1883; 3) «Геологические особенности почв Нижегородской губернии», вып. XIV, 1886 (изложена классификация почв); 4) «Наши степи прежде и теперь», 1892; 5) «Введение» (мотивы, вызвавшие учреждение экспедиции; ее задачи и организация; общий проект опытных работ экспедиции) в «Трудах экспедиции, снаряженной Лесным департаментом под руководством проф. Докучаева», 1894 написано совместно с Н. М. Сибирцевым).

Весьма интересны порядок и содержание этих работ В. В. Докучаева, из которых мы видим, как он, начав с изучения геологических проблем, перешел к почвоведению, перестроил его — фактически создал его как естественно-научную дисциплину, затем занялся геоботаническими вопросами и, наконец, закончил делом борьбы за высокий и устойчивый урожай. Он наметил такой план агролесомелиораций в степной полосе (при этом им не было упущено из виду и снегозадержание), который в полной мере мог быть оценен, разработан и будет осуществлен только в период строительства социализма (см. «Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом» и, в частности, работу В. В. Докучаева и Н. М. Сибирцева, обозначенную выше под № 5).

Такое разнообразие научных интересов В. В. Докучаева отнюдь не было случайным. В этом разнообразии есть определенная логика. Это не перепрыгивание с вопроса на вопрос, а закономерный ход развития интересов мыслителя. К этому нужно заметить, что В. В. Докучаев умел подбирать для дела людей, умел заинтересовать их своими идеями и твердо, с железной волей, осуществлял начатые им дела. В этом

В. В. Докучаев удивительно напоминает бессмертного Луи Пастера, который вначале занимался химией, затем перешел к изучению микроорганизмов в процессах брожения и разложения органических веществ и создал микробиологию, а закончил лечением людей и животных от бешенства и указал медицине новые пути ее развития.

Как тот, так и другой встречали со стороны ученых, своих современников, массу недоверия, имели много врагов, постоянно боролись с ними, но не отказывались от своих научных воззрений, не оставляли своего дела под напором враждебных отношений.

Последние работы В. В. Докучаева, приведшие его к созданию плана агролесомелиорации в целях борьбы за высокий и устойчивый урожай и организации проверки его на опытных участках — Хреновском (куда входят хвойный Хреновский и лиственный Шипов леса), Старобельском и Великоанадольском, характеризуют В. В. Докучаева как человека, который на целую эпоху перерос свое время, который, хотя и мирился с капиталистическими условиями, при которых он жил и для развития которых он работал, но который фактически в своих научных выводах и практических предложениях вступил в противоречие с этими условиями. Сам В. В. Докучаев, конечно, вполне ясно видел всю глубину противоречий между его практическими выводами по реорганизации сельского хозяйства степной полосы в целях создания высоких и устойчивых урожаев и капиталистическими вожделениями и порождаемыми условиями. Чем иным, как не сознанием неосуществимости своих планов, вызваны следующие, полные пессимизма слова: «Вывод из всего сказанного тот, что, если желают поставить русское сельское хозяйство на твердые ноги, на торный путь и лишить его характера азартной биржевой игры, если желают, чтобы оно было приноровлено к местным физико-географическим (равно как историческим и экономическим) условиям страны..., безусловно необходимо, чтобы

эти условия... были бы исследованы и испытаны, по возможности, всесторонне и непременно во взаимной их связи».*

Эти слова с несомненностью указывают на ясное сознание им того, что между желанием поднять урожайность в степной полосе, стремлением преодолеть ее стихийность и возможностью осуществления необходимых для этого мероприятий лежит непроходимая бездна. Конечно, В. В. Докучаев не поднялся до того, чтобы осознать эту бездну, чтобы видеть ее в социально-экономических условиях того времени. Но он бросил вызов правящим кругам, наметил единственно правильный, но несовместимый с капиталистическими условиями план поднятия урожайности сельского хозяйства черноземной степной полосы, довел этот план до сведения правящих кругов, заявив при этом, что он не верит в искренность их желания поднять степное сельское хозяйство на должную высоту.

В. В. Докучаев заслуженно находится в первых рядах классиков естествознания. Значение трудов В. В. Докучаева огромно. Многие его работы в настоящее время почти так же новы, как и 40—50 лет назад, во время выхода их, но, кроме того, они дают исключительно ценный материал для правильного понимания истории развития почвоведения как науки; к числу таких работ относится и «Русский чернозем».

Самое важное в учении В. В. Докучаева о почве — это идея о том, что почва есть особое природное тело, отличное от горных пород, хотя и развивающееся из них. До тех пор, пока не был сформулирован этот принцип, не могло существовать и подлинной науки о почве. Только на основе этого принципа развилось современное генетическое почвоведение, играющее такую крупную роль в плановом социалистическом сельскохозяйственном производстве Союза ССР и вообще в разработке мер повышения и поддержания устойчивости плодородия почв.

* В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев. Введение (мотивы)... «Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом». 1894 г.

Мы видели, что еще до появления «Русского чернозема» В. В. Докучаев установил взгляд на почву как на особое естественно-историческое тело, отличное от горных пород. В «Русском черноземе» мы уже видим дальнейшее развитие этого взгляда на почву.

До В. В. Докучаева существовала сравнительно богатая литература о черноземных почвах, существовало много теорий, пытавшихся объяснить происхождение этих почв. Но, несмотря на это, самое понятие «черноземные почвы», а также их свойства, географическое распространение, происхождение и причины высокого их плодородия оставались неясными или неизвестными, так как до Докучаева все исследователи черноземных почв свои суждения основывали на небольшом числе фактов, и притом чисто случайных, или легендарных, или имеющих лишь местное значение, а главное, отдельные свойства этих почв изучались изолированно, вне связи с другими свойствами и другими явлениями, их обусловливающими.

В. В. Докучаев первый произвел обстоятельное и систематическое, по единому плану, обследование всей области черноземных почв, дал обстоятельное описание отдельных природных районов ее, изучил морфологию, химизм и физические свойства различных черноземов, и это дало ему возможность установить самое понятие «черноземные почвы», а также критически осветить существующие материалы о черноземных почвах и в том числе главные вопросы о происхождении этих почв и их высоком плодородии. После опубликования «Русского чернозема» прекратилось создание все новых и новых «теорий» происхождения чернозема и установилась общепринятая незыблемая точка зрения, что чернозем есть растительно-наземная почва, образовавшаяся под покровом травянистой лугово-степной растительности (теория Рупрехта), а вместе с тем началась новая фаза в исследовании чернозема, именно начато исследование условий развития, утраты и восстановления

плодородия этих почв (П. А. Костычев, В. В. Докучаев, П. Ф. Бараков, А. А. Измаильский, В. С. Богдан и др.).

«Русский чернозем» заслуживает нашего внимания с точки зрения следующих пяти моментов: 1) задачи исследования, 2) метод исследования, 3) полнота рассмотрения вопроса, 4) фактический материал и выводы, 5) отношение к этой работе ученых — современников В. В. Докучаева — и других лиц, имеющих отношение к сельскому хозяйству.

Задачи исследования черноземных почв, предпринятого В. В. Докучаевым, определены им самим во введении к «Русскому чернозему», где он говорит: «Я исключительно преследовал общие задачи и стремился, по возможности, изучить чернозем с научной естественно-исторической точки зрения...» и т. д. В другом месте В. В. Докучаев так определяет свои задачи: «...мне предстояло решить такие коренные задачи: *Что вообще следует называть почвой? Какая ее толщина, строение и положение должны быть признаны нормальными? Что такое самое название чернозем? На какие естественные типы он может быть подразделен? Следует ли при научном определении и классификации чернозема, равно как и других почв, брать во внимание все, хотя бы и случайные, так сказать, анормальные, вторичные по месту залегания почвы, уже с сильно измененными свойствами? Какие общие законы руководили распределением чернозема и других почв по Европейской России? Какие принципы должны лечь в основу при составлении черноземных карт? Какой, в конце концов, способ происхождения данной почвы и почему нет ее на огромных пространствах северной, центральной и юго-восточной России? Где виновники действительно замечательного плодородия чернозема?*»*

Этот перечень задач, стоявших перед В. В. Докучаевым при исследовании им черноземов, показывает уровень развития почвоведения того времени, а также дает возможность читаю-

* В. В. Докучаев. «Ход и главнейшие результаты... исследования русского чернозема» 1881 г

щему «Русский чернозем» видеть, насколько полно и обстоятельно автор выполнил стоявшие перед ним задачи и насколько метод исследования соответствовал их целям.

Для решения стоявших перед ним задач В. В. Докучаев применил географо-морфологический метод. Он расчленил всю черноземную область на ряд районов и собрал обстоятельные сведения о почвах этих районов (цвет, мощность и другие особенности), геологии, устройстве рельефа, растительности, климатических условиях, урожайности и т. д. Значительное число из собранных им образцов проанализировано химически, и затем все добытые им материалы В. В. Докучаев сгруппировал по принципу их сходства и различия между собой и сделал обобщающие выводы. Такой метод по сравнению с теми, какие применялись при исследовании тех же вопросов до В. В. Докучаева, был совершенно новым. В. В. Докучаев впервые в истории почвоведения произвел обстоятельное систематическое, по определенному плану, обследование целой обширной природной области; он имел дело не со случайными образцами почв, не с отдельными факторами развития почв, а со всей совокупностью факторов, и не только не растерялся в обилии фактов, которые он имел перед собой, а чем больше он добывал их, тем полнее, шире и увереннее становились его мысли, тем обоснованнее становились те закономерности, которые он устанавливал. Могло случиться так потому, что он умел видеть закономерную связь явлений, что почву он стал рассматривать как природное развивающееся тело, что он рассматривал «всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные ее части».* Мы нигде не находим у Докучаева ссылок на Дарвина или Ляйеля, а тем не менее методологическая их близость, их близость в воззрениях на природу исследовавшихся ими объектов несомненна. Сходна и их роль в развитии современного естествознания: первый положил начало современной

* В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев. Введение. «Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом». 1894 г.

биологии, второй — современной геологии, а В. В. Докучаев — современного генетическому почвоведению.

В «Русском черноземе» В. В. Докучаев показал, как на основе географо-морфологических и химических иследований почв можно строить широкие теоретические обобщения по вопросу об образовании почв и судить об их плодородии. Метод исследования, примененный В. В. Докучаевым, вполне соответствовал целям этих исследований. В другом случае, при исследовании вопроса о мероприятиях по повышению плодородия черноземных почв («Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом, под руководством проф. Докучаева»), сам В. В. Докучаев применял совсем иной метод исследования; также иной метод исследования, отнюдь не морфолого-географический, применял при решении вопросов плодородия черноземных почв и другой крупнейший ученый — П. А. Костычев.

Таким образом, В. В. Докучаев и затем П. А. Костычев впервые разработали методы исследования генезиса и плодородия почв и вместе с тем на примере собственных исследований показали, что методы исследования почв должны изменяться соответственно с целями исследования. Позднейшие почвоведы географо-морфологический метод исследования почв, примененный В. В. Докучаевым при исследовании черноземов и почв б. Нижегородской губернии, восприняли как универсальный метод, годный для всех исследований почв, несмотря на то, что этот метод терял свое значение в тот самый момент, как только почвоведы пытались переходить от географических вопросов к вопросам плодородия почв.

Природные факторы почвообразования были, как известно, установлены учеными — предшественниками В. В. Докучаева. Заслуга В. В. Докучаева заключается в том, что он взглянул на почву не с точки зрения одного какого-либо фактора, а принял во внимание совокупное действие пяти природных факторов.

Но с тех пор, как человек стал производить себе хлеб, с тех пор, как стал он обрабатывать землю, он все более и более вмешивается в природное течение почвенных процессов и изменяет его; он, в зависимости от социально-экономических условий в стране, или обогащает почвенное плодородие, или грабит его, а плодородие, как известно, есть существенно качественное свойство почвы. Почва, равно как и сельскохозяйственные растения и животные, суть природные факторы сельского хозяйства, но они настолько изменены культурой, что нет возможности сейчас говорить о каком-то естественном, вне зависимости от человеческой производственной деятельности, развитии их.

Недостаток концепции почвообразовательного процесса В. В. Докучаева в том и заключается, что в ней не учтена производственная деятельность человека как фактора почвообразования. Это, с одной стороны, лишило В. В. Докучаева возможности правильно понимать вопросы плодородия почвы, с другой — придало его концепции натурфилософское созерцательное содержание. Последствия этого ощущаются в трудах многих наших научных работников и в их практических предположениях о развитии социалистического сельскохозяйственного производства даже и в наше время, а небольшая враждебно настроенная по отношению к социалистической перестройке сельского хозяйства часть специалистов сельского хозяйства использовала натуралистические созерцательные воззрения на почву, развитые на «основе» учения В. В. Докучаева, даже для вредительских целей.

В самом деле, вредительские теории о «белом пшеничном пятне», о невозможности развития египетских сортов хлопка в Средней Азии, о невозможности продвижения земледелия на север и некоторые другие, как известно, опирались на неизменность почвенных и иных природных условий сельского хозяйства.

Но в основном условия образования черноземных почв, их свойства и распространение рассмотрены весьма полно,

в соответствии с содержанием задач, стоявших перед исследователем.

В «Русском черноземе» В. В. Докучаевым впервые был собран весьма богатый фактический материал. Растительность, материнские породы, рельеф, климат, вопрос о возрасте почв охарактеризованы весьма подробно на основании фактических данных.

Из богатого фактического материала, изложенного в «Русском черноземе», в настоящем кратком разъяснении обратим внимание на три вопроса: 1) вопрос о материнских породах черноземной области, 2) о классификации черноземных почв и 3) об изменении растительности и климата черноземной области. Эти три вопроса до настоящего времени разрешаются неудовлетворительно, и требуется их пересмотр.

В «Русском черноземе» В. В. Докучаев приводит немало случаев нахождения валунов кристаллических горных пород среди так называемых лёссов и лёссовидных пород черноземной области. В этой работе В. В. Докучаев не делает определенного вывода, что так называемые лёсс и лёссовидные породы суть породы ледникового происхождения потому, что вообще он еще не стоит в это время на точке зрения полного признания ледниковой теории. В его воззрениях по вопросу об образовании материнских пород черноземной области и в его терминологии в это время наблюдается двойственность; он пользуется терминами «дилювий», «дилювиальные отложения», говорит о плавании айсбергов и разнесении ими по русской равнине валунных отложений и вместе с тем говорит и о ледниках. Но нам важны факты, а факты — это наличие валунов в так называемых лёссах и лёссовидных породах.

В позднейших своих работах В. В. Докучаев возвращается не раз к вопросу о так называемых лёссе и лёссовидных породах. По мере накопления у него фактического материала по этому вопросу его выводы делаются все более и более определенными в пользу признания ледникового происхождения этих пород.

Так, в описании пород б. Полтавской губернии В. В. Докучаев указывает факты залегания под лёссами глин с валунами и нахождения лёсса под валунными наносами; в статье «Последняя страничка в геологии России вообще и южных степей в особенности», написанной на основании богатого фактического материала, предоставленного в распоряжение В. В. Докучаева сотрудниками экспедиции по исследованию Полтавской губернии, он вновь возвращается к этому вопросу; он вновь указывает на факты нахождения в нижних горизонтах так называемого типичного лёсса эрратических валунов и галек и на другие общие особенности лёсса и типичных валунных образований; из рассмотрения этих данных В. В. Докучаев делает вывод, что лёсс есть ледниковое образование. Наконец, те же взгляды высказывает он и в статье «К вопросу о происхождении русского лёсса». Прослеживая взгляды В. В. Докучаева по этому вопросу, мы видим, что они, начиная от «Русского чернозема» и до последних статей, значительно изменялись, но в общем уже в «Русском черноземе» обозначилось его несогласие с эоловой гипотезой происхождения так называемых лёссов, механистически перенесенной с китайских лёссов, без всякой критической оценки правдоподобности этой гипотезы. Правда, свои суждения о ледниковом происхождении лёсса В. В. Докучаев не распространял на все районы залегания южнорусского лёсса; он допускал возможность частично и эолового их образования, но область распространения таких отложений он сильно сокращал. Следует заметить, что В. В. Докучаев допускал, кроме того, возможность морского, озерно-речного, элювиального и делювиального образования лёссов. Признавая исключительно ледниковое образование типичных тонкозернистых лёссов, В. В. Докучаев считал, что они представляют собой продукт осаждения из ледниковых вод тонких частиц мути.

Вопрос о происхождении так называемых лёссов и некоторых лёссовидных пород до настоящего времени еще не полу-

чил общепризнанного решения. Добытые в последокучаевское время такие факты, как четырехъярусное залегание лёссов, присутствие в них крупного песка, наличие лёссовидных пород в бесспорно ледниковых областях (Белорусская и др.), необъяснимые с точки зрения эоловой гипотезы, наряду с фактами, указанными Докучаевым, приводят нас к признанию ледникового происхождения так называемых лёссов, хотя и не в том аспекте, как понимал образование их В. В. Докучаев. Увлечение части геологов и почвоведов эоловой гипотезой имело то единственное полезное последствие, что оно ускорило ее гибель. В настоящее время сторонников эоловой гипотезы становится все меньше и меньше.

Второй существенный вопрос — это классификация черноземных почв. Наша черноземная область занимает большую территорию, черноземные почвы в отдельных районах их распространения сильно различаются, и эти различия должны найти отражение в нашей почвенной номенклатуре — черноземные почвы должны быть подразделены на виды и разности. Но что мы имеем в этом до сих пор? До настоящего времени значительная часть почвоведов пользуется так называемой классификацией черноземов Г. Тумина (северные, тучные, мощные, обыкновенные, южные, приазовские), а фактически, как это видно из «Русского чернозема», это — классификация Чаславского, который, в свою очередь, взял ее из материалов по земскому земельному обложению и из народного лексикона. Черноземные почвы классифицируются здесь по внешним признакам: цвету, мощности и т. д. Это удовлетворительно для начального периода развития всякой науки, так как дает возможность хоть кое-как рассортировать многообразие фактов, но совершенно недопустимо для более поздних ступеней развития той же науки. Так классифицировать черноземные почвы, как классифицируют их до сих пор, все равно, что классифицировать животных или растения по цвету, величине и т. д.

В. В. Докучаев явно не удовлетворялся вышеуказанной классификацией Чаславского и дал в «Русском черноземе» основы классификации черноземов в зависимости от свойств материнских пород, на которых развиты черноземы, а позднее («Материалы к оценке земель Нижегородской губернии») ввел положение почв по элементам рельефа как один из моментов классификации черноземных почв.

В настоящее время накопилось достаточно данных и созданы основательные теоретические предпосылки для выработки генетической классификации черноземных почв, более соответствующей современному уровню развития почвоведения и требованиям социалистического сельскохозяйственного производства.

Последний вопрос — эволюция растительного покрова и климата черноземной области, или, иначе, вопрос об образовании и развитии наших степей. В «Русском черноземе» мы находим массу фактических данных, говорящих в пользу более значительного распространения леса в прошлом степей, чем сейчас. По этому же вопросу мы находим богатый фактический материал в других его работах и, в частности, в работе «Наши степи прежде и теперь». Бывшее более значительное облесение наших степей и отступление лесов и наступление на них степей, происходящее особенно интенсивно в историческое время благодаря вырубанию лесов, не подлежит сомнению. Достаточное количество фактов и некоторые теоретические обоснования этого вопроса мы находим у В. В. Докучаева, А. А. Измаильского и других, не говоря уж о более ранних авторах. Приводя эти факты, В. В. Докучаев все же держится мнения, что во весь период образования черноземов современная черноземная область была степной и климат в общем оставался тот же, что и сейчас. Следует обратить внимание на эту мысль В. В. Докучаева: 1) он говорит только «в общем» и 2) только в период образования черноземов. Это отнюдь не то, что признавали и признают некоторые позднейшие исследователи,

говорящие об «извечности степей». Но и в период образования черноземов степи изменялись и изменяются. Иначе не может быть. Степь, как всякое природное явление, должна развиваться и не может быть извечно данной. В общем «Русский чернозем» — против извечности степей. Обратное утверждение есть извращение мысли автора «Русского чернозема».

В. В. Докучаев оказал огромное влияние на развитие сложного цикла естественных наук (геология, лесоводство, геоботаника, почвоведение) и практических мероприятий по развитию сельского хозяйства (облесение степей как мера борьбы с засухой и неустойчивостью урожаев в южной России и др.). На этом трудном пути реформатора, по крайней мере, части естественных наук, связанных с развитием сельского хозяйства в России, только что вышедшей из крепостнического состояния и вступившей на путь капиталистического развития, дело не могло обойтись без друзей и врагов. В. В. Докучаев имел и тех, и других; он знал и острую ненависть и пламенную любовь. Это принесло определенную пользу его делу, — его учение нельзя было забыть или замолчать; оно развилось и в настоящее время, в условиях социалистической реконструкции сельского хозяйства, уже приносит свои плоды.

Переиздание лучших трудов В. В. Докучаева, надо надеяться, послужит толчком к пересмотру очень многих вопросов современного почвоведения, геоботаники и некоторых других дисциплин, а научная молодежь, кроме того, получит возможность знакомства с классической литературой по естествознанию, которая поможет ей в выработке правильного мировоззрения.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА [3]

Предлагаемый вниманию читателя курс лекций «Почвоведения», излагавшийся профессором Павлом Андреевичем Костычевым в 1886/87 учебном году в С.-Петербургском лесном институте, представляет классический образец изложения «прикладно́й» естественно-научной дисциплины, полностью отвечающей требованиям официальной программы, утвержденной министерством государственных имуществ, в ведении которого состояло в то время все сельскохозяйственное образование.

Очень близкий по содержанию курс читался в то же время и в Петровской земледельческой и лесной академии профессором Анатолием Александровичем Фадеевым, с той лишь разницей, что курс П. А. Костычева ограничивался изложением трех частей, и после его сдачи студенты переходили к изучению специальных лесоводственных предметов. Курс же А. А. Фадеева был несколько сокращен в первой части, которая более подробно излагалась в курсе «Агрономической химии» профессором Гавриилом Гавриловичем Густавсоном (см. Г. Г. Густавсон, «Двадцать лекций агрономической химии». Сельхозгиз, М., 1937). Но курс А. А. Фадеева непосредственно переходит в излагаемое им же «Общее земледелие» в составе: I. Учение о структуре почвы и о системах земледелия; II. Учение об обработке почвы; III. Учение о коренных улучшениях почвы, или мелиорации; IV. Учение о семенах и посеве; V. Учение об уходе за сельскохозяйственными растениями; VI. Учение об уборке и первичной обработке урожая.

Курс почвоведения П. А. Костычева, согласно требованиям программы, т. е. принудительно, направлен был, в соответствии с общим укладом эпохи, на вопросы бонитировки почвы.

В связи с этой общей целеустремленностью весь курс разделяется на: Введение; часть I. Химический состав и химические свойства почв; часть II. Физические свойства почв и часть III. Способы определения сравнительных достоинств почв и основы их классификации.

Во введении автор сразу устанавливает ту точку зрения, что почвой мы должны называть верхний слой земли, способный удовлетворять потребности растений, и что изучать почву в отрыве от растений недопустимо не только с практической стороны, но и со стороны строго научной, так как почва есть производное жизни растений. Этот взгляд и выливается в четкую формулировку: «Изучение свойств почв по их отношению к жизни растений составляет предмет почвоведения».

После обсуждения связи почвоведения с родственными дисциплинами П. А. Костычев насчитывает следующие шесть разделов, слагающих науку о почве:

1. Учение о химическом составе и химических свойствах почв.
2. Учение о физических свойствах почв.
3. Учение о происхождении почв и их составных частей.
4. Учение о способах исследования почв для определения их сравнительного достоинства и о классификации почв.
5. Учение об изменении состава и свойств почв в течение более или менее продолжительных периодов времени.
6. Частное, или специальное, почвоведение.

Указывая на важное теоретическое значение разделов о происхождении почв и об их изменении во времени, т. е. о развитии почвы как самостоятельном природном процессе, П. А. Костычев все-таки считает возможным исключить их изложение из своего курса, как не имеющих прямого приложения к утилитарным задачам его слушателей,— определению сравнительного достоинства различных почв.

Насколько эта точка зрения не соответствует личным научным убеждениям П. А. Костычева, можно сразу увидеть из простого перечня научных трудов как самого П. А. Костычева, так и из перечня тем трудов его лаборатории. Все эти работы направлены исключительно на вопросы развития почвы.

Вопросы, стоявшие очень остро ровно полстолетия тому назад, чрезвычайно обостряются как раз в настоящее время, в связи с пересмотром программ курсов почвоведения в его возможной связи с «Общим земледелием». В сущности, вопрос крайне прост и сводится к тому, чтобы четко разграничить объем и содержание трех основных отделов сельскохозяйственных наук: I. Земледелия, II. Растениеводства и III. Животноводства, и определить содержание науки обо всем сельскохозяйственном производстве в целом — о IV. Сельскохозяйственной экономии.

Ни в какой мере не стоит вопрос о разделении содержания этих дисциплин непроницаемыми перегородками; наоборот, давно назрела нужда в объединении их одной общей методологией. В социалистическом государстве может быть признана единственная методология, основанная на марксистско-ленинско-сталинской материалистической диалектике.

Все темы, слагающие содержание дисциплины, должны быть взяты из производства в порядке их исторического возникновения и развития. Эти жизненные, или, что то же, производственные, темы подвергаются научной разработке — анализу методами материалистической диалектики, т. е. по существу, а не на основе формальных признаков, и дальше выводы анализа синтетически слагаются в производственные системы мероприятий.

Эти системы подвергаются немедленной производственной проверке во всей сложности ее взаимодействий и взаимозависимостей.

Проверка путем архаического «опытного дела» «при всех прочих равных условиях» безусловно упраздняется. В случае

необходимости лабораторной проверки допустимы опыты только в плоскостном или телесном масштабе, но никак не в линейном масштабе. *Это единственный путь развития социалистической науки.*

Всякую попытку восстановить дореволюционные разделы, вроде «химические свойства почв», или «физические свойства почв», или «водные свойства почв», нужно единственно правильно рассматривать как попытку реакционеров сорвать новую советскую науку, творимую массами — миллионами.

Ничего не сделаешь.. «Новые времена — новые и песни». И должны же, наконец, понять последыши проклятого прошлого, что их перифраз этого лозунга в «с волками жить — по-волчьи выть» обрекает их на позорную смерть.

Но самое большое преступление «почвоведов» — это отрыв от растения.

Новое издание «Почвоведения» П. А. Костычева печатается с литографированного издания 1886/87 года, каждый лист которого подписан автором.

Текст книги воспроизведен без изменений. Не совсем ясные для современного читателя обороты речи в некоторых случаях оговорены в тексте настоящего издания путем редакционных — в квадратных скобках — вставок.

БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ПЛАНОМЕРНОЙ БОРЬБЕ ЗА УРОЖАЙНОСТЬ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ СССР [4]

Я, конечно, не думаю, что я сделаю открытие, утверждая, что с 1936 года сельскохозяйственное производство Союза Советских Социалистических Республик вступает в новую фазу.

Стахановское движение, охватив все производства огромного народного планового хозяйства Союза, сломало выработанные веками персонального и экономического рабства нормативы, и социалистический труд на себя, вооруженный последними достижениями мировой и советской техники, продолжает выявлять такие новые социалистические нормы, о которых мы даже пять лет тому назад «и мечтать не смели».

Бурной рекой разливается стахановское движение по необъятным просторам территории сельскохозяйственного производства. Подвиги социалистического труда фабрично-заводского пролетариата и трудящихся добывающей промышленности увлекли и работников колхозных и совхозных полей, трудящихся социалистического самого крупного в мире сельскохозяйственного производства.

Этот момент, охват стахановским движением всех отраслей союзного сельскохозяйственного производства, еще далеко не осознан в его подавляюще грандиозном значении, не осознана еще та колоссальная масса работы, которая девятым валом взвилась перед всеми руководителями нашей «созидающей»

промышленности; промышленности, почетная и ответственная задача которой *снабжать строителей и защитников нового общественного строя полноценным источником их революционной энергии.*

До сих пор еще не отвыкли смотреть на сельскохозяйственное производство как на нечто второстепенное, в котором можно благодушно мириться с отсталостью, сосредотачивая *безраздельно* все внимание на развитии тяжелой индустрии, забывая диалектическую взаимосвязь и взаимозависимость *всех* разделов *социалистического* народного хозяйства, как его существенного *качественного* отличия от хозяйства капиталистического. Не отдавая себе ясного отчета в том, что в начале построения социалистического народного хозяйства именно потому и нужно было направить наибольшее внимание, напрячь наибольшие усилия на восстановление тяжелой индустрии и вывести ее на одно из первых в мире мест, что она представляет основную базу сельскохозяйственного производства и обороны страны.

Теперь, когда наша социалистическая тяжелая индустрия, транспорт и легкая промышленность победоносно вышли на первую линейку и выявляют производительность труда, не уступающую и часто превосходящую достигнутую в буржуазных странах, когда на страже стоит технически и морально высокопередовая Красная Армия, настало время вплотную подойти и к сельскохозяйственной промышленности.

На этом фоне и возникло стахановское движение в сельскохозяйственном производстве. Возникло снизу, из самой толщи производства, и в этом и заключается его огромное значение. Сами непосредственные работники производства, колхозники и рабочие совхозов осознали правильность пути, общее направление которого указано гениальным руководством нашего союзного народного хозяйства. В этом осознании правильности взятого направления, в сознательности порыва десятков миллионов непосредственных работников производства стать непосредственным активным участником строительства социализма,

самому строить свое счастье и заключается огромное историческое значение стахановского порыва, охватившего все сельскохозяйственное производство. Это значит, что всё двухсотмиллионное население Союза ССР, как один человек, стало убежденными социалистами; покончено с сомнениями, колебаниями. На основе первого закона диалектики количество перешло в качество. Социализм скачком перешел в следующую высшую ступень развития человеческого общества, в коммунизм.

1936 год — эра, эра новой эпохи, эпохи коммунизма. Наступил младенческий период коммунизма. 200 000 000 человек сами творят свою историю. В чем принципы коммунистического производства? Они четко и кристально ясно разработаны и сформулированы гениальными классиками коммунизма: Марксом — Энгельсом — Лениным — Сталиным.

Как высшая ступень развития социалистического производства, два качественных его признака целиком присущи и коммунистическому производству. Первый из этих качественных признаков состоит в том, что орудия производства, все средства производства представляют собственность коммунистического государства. Второй, также качественный, признак тот, что направление, специализация всего хозяйства в целом и каждого конкретного сельскохозяйственного предприятия должно регулироваться государственным плановым заданием, имеющим силу закона и, следовательно, обязательного к исполнению.

Форма, в которой выразится первый признак, может быть крайне разнообразной, но она должна удовлетворять полностью и *своевременно* всем агротехническим, агрохимическим, мелиоративным (подача воды для орошения, дождевальных машин; посадка лесных и садовых насаждений, доставка посадочного материала нужного ассортимента и качества, машин для ухода за насаждениями и рубками ухода и пр.) и защитным требованиям (опрыскиватели, опыливатели, инсектисиды, фун-

гисиды, машины и средства протравливания и пр.). При этом всякое изменение требований может быть произведено только по согласованию с лицом, ответственным за проведение мероприятия. Все эти требования закрепляются двухсторонним договором, в одинаковой мере обязательным для договаривающихся сторон.

В неменьшей мере важно строгое выполнение второго качественного признака — государственного планового задания, вырабатываемого в весовых единицах, или в головах, или штуках, но непременно с твердым указанием веса, выработанных *Госпланом СССР* для каждой республики Союза. Республиканские Госпланы распределяют государственные плановые задания в тех же единицах между областями, округами или другими крупными областными единицами, слагающими республику. При этом распределении все усилия должны быть направлены на то, чтобы не нарушать в сильной мере соотношений между плановыми заданиями по животноводству и растениеводству, установленные Госпланом Союза, так как эти соотношения часто имеют стимулирующее или перспективное значение. Задания в пределах каждого из двух основных разделов, животноводства и растениеводства, могут подвергаться большим колебаниям. Необходимые условия правильности распределения государственных заданий по крупным административным единицам в пределах республик — участие в распределении представителей этих единиц. Еще более ответственно распределение плановых заданий по районам, и в этом распределении обязательно участие представителей районов, но и здесь нежелательно сильное отступление от директив Госплана Союза. Во всяком случае, был бы грубой ошибкой механистический подход, например, в форме распределения заданий пропорционально площади пахотной земли или посевной площади, за исключением площади паров и т. п.

Самая ответственная и важная работа по распределению государственного планового задания выпадает на долю районов.

Здесь не могут быть допускаемы никакие «*общие*» соображения, никакие «равнения». Это дело первостепенной важности и сугубо конкретное. Необходимо, чтобы в распределении плановых заданий принимали участие весь агрономический персонал и *политический персонал района* и представители каждого отдельного конкретного сельскохозяйственного предприятия.

Главнейший момент при распределении государственных плановых заданий по конкретным сельскохозяйственным предприятиям, колхозам или совхозам тот, чтобы *эти задания выражались непременно в весовых единицах по отношению ко всему колхозу или совхозу*; в случае необходимости получения государственного задания в головах или штуках *должен быть указан стандартный вес головы или штуки*. Это открывает путь для премиальной оплаты поставок. Понятно, что остальные предметы государственных заданий должны отвечать государственным кондиционным требованиям.

Безусловно, под угрозой уголовной ответственности по ст. 51, ... за неисполнение требования должно быть запрещено практикуемое поныне почти повсеместно *объявление колхозам или совхозам государственных плановых заданий* в процентах посевной, или пахотной, или пахотоспособной *площади*.

Следует твердо усвоить, что *процент есть математическое выражение обезлички, безответственности и «втирания очков»*, ибо 100% от 0 = нулю. Но главное и самое преступное и опасное для социалистического государства то, что государственное задание — закон — преподанный самоуправством чиновников РайЗО в форме процента посевной площади, сразу, одним росчерком пера, под угрозой уголовной и партийной ответственности уничтожает всякую инициативу, в том числе и стахановское движение.

Не менее важны еще два требования: чтобы плановые задания передавались непосредственно совхозам и колхозам как первичным сельскохозяйственным предприятиям, без подразделения этих заданий по различным отделениям совхозов или

по фермам и отдельным земельным участкам колхозов, так как такое подразделение также ограничивает инициативу организации хозяйства. Второе требование: чтобы государственное задание сообщалось предприятию заблаговременно, не позже начала зимы каждого года, и *чтобы ни под каким видом не предъявлялось в течение года никаких дополнительных заданий*, как это имеет место часто сейчас.

Повидимому, все то, о чем шла до сих пор речь, не имеет никакого отношения к почвоведению и его роли в стоящих перед сельскохозяйственным производством ближайших задачах повышения урожайности социалистических полей. На самом деле я надеюсь в дальнейшем показать, что конечные выводы из вышеизложенного играют роль снежной лавины, загромоздившей рельсовый путь мчащегося на всех парах экспресса-молнии.

Но еще несколько слов об извращениях в понимании стахановского движения. При многочисленных консультационных совещаниях и беседах, которые мне приходится вести с колхозниками, бригадирами, председателями колхозов, стахановцами, получившими уже в производстве действительно высокий урожай по всем культурам, приходится всегда, за одним только исключением, констатировать, что они поняли и освоили главное условие высокой производительности почвы. Они усвоили основную диалектическую взаимосвязь и взаимозависимость всех условий развития растений. Они поняли, что только одновременным воздействием на все факторы развития растений можно получить высокий урожай. Скажу даже больше, эти товарищи-производственники, они это давно бессознательно знали, каждый в отдельности и по отношению к отдельным культурам. И только теперь социалистические условия обобществленного труда подвели их к обобщению их старого опыта, к синтезу и формулировке основных законов производства. С жадностью, с горящими глазами впитывают они простую и четкую формулировку законов истинного диалектического почвоведения. Сразу схватывают, что нельзя отделить почвы

от растений и микроорганизмов, что это неразрывный комплекс, что вся агротехника, агрохимия и растениеводство представляют только средства производственного воздействия сразу на весь комплекс, трепещущую жизнью почву, микроорганизмы и растения в их неразрывном единстве. Они не боятся обвинения в биологизме, они сами живой четвертый член этого биологизма, и самый активный динамический член, способный своим трудом направить работу остальных членов комплекса в ту сторону, которая диктуется плановыми потребностями их социалистического государства. Они осознали себя равноправными сочленами своего созданного их кровью и плотью государства. Они осознали то, что они управляют государством, осознали свою роль в этом управлении и осознали всю огромность и значимость своей ответственности.

И какое высокое наслаждение видеть и сознавать, что говоришь на одном языке, на производственном наречии с такими сочленами, когда становится ясным, что слушатели с одного слова понимают глубочайшие диалектические истины, которые по существу так просты, так природны, и которые и понимаются такими собеседниками сразу, с одного намека потому, что они непрерывно наблюдают их в природе, в производстве.

Да простит мне читатель и редактор это отступление. Не всякому приходится наслаждаться плодами пятидесятилетней упорной, непрерывной и на проверку плодотворной работы. Жить стало веселей!

Но не только за проверкой правильности своей работы приходят на консультационные беседы стахановцы социалистических полей (правильность их работы проверена урожаем). Они осознали смысл великого завета товарища В. И. Ленина, что единственная твердая основа социалистического общественного строя — *высокая производительность труда*. И их беспокоит то, что, при высокой результативности, такой же производительности труда им еще не удалось достигнуть. И за этим они приходят к источнику настоящей социалистической

науки — в Сельскохозяйственную академию им. К. А. Тимирязева.

Нельзя не оценить очень высоко этого запроса стахановцев. Он показывает, что молниеносно облетевшее весь СССР стахановское движение есть диалектический скачок перехода количества в качество. Мы можем смело сказать, что 1936 год есть эра новой эпохи, когда всё почти 200 000 000 население СССР стало сознательными убежденными коммунистами, осознавшими основной лозунг, что свободный труд есть труд высшей результативности и высшей продуктивности. И только среднеазиатские хлопкоробы-стахановцы, побившие своими урожаями американские рекорды, боятся еще поверить, что можно совместить рекордную результативность с социалистической продуктивностью труда. Но эта боязнь уже поколеблена, несмотря на ее многотысячелетний возраст.

Трудно охарактеризовать то чувство возмущения и презрения, которое возбуждает вторая группа, к счастью немногочисленная, приходящих за консультацией. Эта группа, преимущественно «агрономы» или «директора», заявляет, что они решили также приобщиться к стахановскому движению и для этой цели из 20 000—30 000-гектарного земельного массива выделили участок приусадебной земли в 1—2 гектара, который они назвали «стахановским участком» и на котором они решили получить рекордный урожай, о котором можно бы рапортовать в Кремлевском дворце. Совсем как у Некрасова «такая репка славная»...

Но самая яростная атака сознательных и несознательных противников социалистического строя в настоящее время ведется на фронте хат-лабораторий. В них видят последнее прибежище старого мелкоделяночного «опытного дела», выбитого из всех захваченных им позиций. Не хотят помириться с ролью хат-лабораторий как аналогом фабрично-заводских контрольных лабораторий, находя такую роль слишком скромной. Они мечтают обратить каждую хату-лабораторию в мощный

научный центр, в котором можно было бы решать мировыэ проблемы (только не биологические, а то пожалуй заподозрят в «биологизме»), чтобы можно было расчленить вопрос на сотни деталей и каждую деталь решать в 6—8 повторностях и на 3—4 фонах, и затем всю зиму провести за арифмометром, выясняя степень вероятности результатов, и после всего арифметически суммировать результаты. Конечно, всякая хата-лаборатория должна иметь опытное поле гектаров в 20—30, со своим живым и мертвым инвентарем, чтобы не зависеть от сезонности работ в совхозе или колхозе. Конечно, нельзя терять связь и с населением, и для этого по выходным дням специальные «экскурсоводы» будут показывать группам в 20 человек делянки опытного поля.

Защитники мелкоделяночного «опытного дела» не хотят помириться с задачей колоссальной производственной важности, чтобы хата-лаборатория была центром контроля качества всех материалов производства и, что особенно важно, *качества всей продукции сельскохозяйственного предприятия*, находя такую задачу слишком скромною. Между тем этим путем можно достигнуть работы производства огромного объема и важности не вслепую, не на глаз, не на основании «общих соображений», а наверняка, и на ходу исправлять всегда могущие быть ошибки.

Не подлежит никакому сомнению, что оборудование хат-лабораторий не может быть стандартизировано «вообще». Оно должно состоять в каждом отдельном случае из двух комплектов, первый *общий* комплект для проверки качества семян, удобрений, структурности почвы и т. п., второй *специальный*, в зависимости от специализации колхоза, совхоза, МТС, например: комплекты должны, очевидно, быть совершенно различны в колхозах зерновых, хлопковых, каучуконосных, свекловичных и т. д.

Таким образом, намечаются две очередные линии, по которым необходимо безотлагательно поддержать стахановское движение. Первая: правильная организация хат-лабораторий,

роль которых очевидна. Вторая и самая важная — своевременно помочь стахановцам достигнуть второго условия социалистического труда — максимальной производительности.

Сельскохозяйственное производство, несомненно, самое сложное из всех производств человечества. В нем принимают активное участие все формы жизни земного шара.

При современном состоянии развития наших научных знаний мы еще не умеем выработать главного продукта сельскохозяйственного производства, синтезировать органическое вещество пищи человечества, иначе как посредством зеленых растений.

В сельскохозяйственном производстве зеленое растение — наше главное средство производства и главная отрасль сельскохозяйственного производства — *растениеводство*. Зеленое растение может непосредственно дать только 25 % продукта, пригодного для питания человека, а 75 % отбросов — солома, мякина, ботва и т. п. — не пригодны в пищу человеку. Очевидно, что производительность труда в растениеводстве, взятом самостоятельно, не может быть выше 25 %.

Поэтому сельскохозяйственное производство органически связано с *животноводством*. Неразрывность органической связи растениеводства с животноводством определяется тем, что при всяком другом способе утилизации этих отбросов (обращение в топливо, искусственный навоз, бумагу и т. п.) мы получаем или продукцию ограниченного потребления, или преобразовываем отбросы в форму самой дешевой *термической* энергии, которую мы можем преобразовать в работу только с помощью системы рычагов — искусственного механизма или мускульной работы организма. Между тем продукты животноводства состоят преимущественно из белков, которые в организме преобразовываются в *динамическую* энергию, дающую прямо непосредственно работу без посредства системы рычагов — пищеварение, дыхание, развитие плода, мысль, — дают жизнь.

Но животные, так же как и растения, образуют только 25% полезной продукции, а 75% отброса в форме воды, угольной кислоты, выделяемых при дыхании, мочи и навоза. Из этих продуктов в навозе содержится азот, фосфор, калий, сера, кальций, взятые из почвы и обращенные в неусвояемые растениями формы. Совершенно очевидно, что все эти элементы пищи растений должны быть возвращены в почву и превращены в усвояемое растениями состояние. Эта задача третьей отрасли сельскохозяйственного производства — *земледелия*, и его органическая неотрывность от растениеводства очевидна, ибо оно путем культур неисчислимых мильярдов микроорганизмов почвы поддерживает в почве условия развития растений.

Есть еще одно условие производительности труда в животноводстве. Очевидно, что животноводство должно быть *продуктивным*, иначе оно не будет в состоянии исполнить своей главной задачи — погасить непроизводительность труда в растениеводстве. Продуктивность животноводства зависит от состава кормового рациона. Кормовой рацион продуктивного скота должен состоять из трех разрядов кормов. *Грубые* корма — отбросы растениеводства, преимущественно углеводные с ничтожным содержанием азота; *концентрированные корма* — отходы растениеводства: жмых, отруби, озадки — источник азота и динамической энергии животного; третий разряд—корма *витаминные*; без этих кормов животноводство неудержимо и быстро под влиянием авитаминоза вырождается в животноводство навозное. Все предыдущие разряды кормов *неполноценны*, т. е. или не содержат витаминов, или содержат их недостаточное количество, или содержат не все витамины. Единственный *полноценный*, т. е. содержащий все витамины корм, природный корм жвачных, *зеленая* трава, в виде зеленого сена, не бурого, не самопрелого и не силосованной травы, или в виде пастбища, или стойлового зеленого корма. Наконец, четвертый разряд кормов, не обязательный, но очень желательный, *сочные* корма (силос и корнеплоды). Главное условие

продуктивности животноводства, а следовательно, производительности труда в нем, а через него и в растениеводстве — *зеленая кормовая база.*

Таким образом, совершенно очевидно, что первое условие достижения высшей производительности труда стахановцами социалистических полей — это *охват этим движением как растениеводства, так и животноводства и земледелия и зеленой кормовой базы как неделимого комплекса.*

Зеленое культурное растение — главное средство производства растениеводства — для своего развития требует одновременного и непрерывного во все время своего вегетационного периода максимального природного притока света, тепла, пищи, воды. Из этих четырех факторов жизни зеленых растений свет и тепло космического происхождения и используются растением *непосредственно.* Поэтому количественно влиять на их приток мы можем только в слабой мере, и нам приходится активно приспособляться к их притоку путем селекции и акклиматизации культурных растений. Необходимое условие производительности труда в растениеводстве — это выбор для культуры наиболее приспособленного селекционного сортового материала.

Вода и элементы пищи — факторы земного происхождения и усваиваются зеленым растением через посредника — почву (кроме углерода, который усваивается листьями непосредственно из воздуха в виде углекислоты). Поэтому мы можем количественно воздействовать на воду и пищу через посредство почвы (и поэтому же регуляция питания растений углеродом почти целиком ускользает от нас).

Почва может находиться в двух состояниях структуры. Она может быть бесструктурной, или раздельночастичной, когда все составляющие ее частички залегают совершенно равномерно на ближайшем расстоянии друг от друга. В такой почве все свойства равномерно распределены во всех направлениях и вода в ней исключительно волосная, т. е. не подчиняю-

щаяся влиянию тяжести и продвигается с прогрессивно замедляющейся скоростью, заполняя все промежутки почвы от более влажных мест к более сухим, безралично во всех направлениях.

Противоположное структурное состояние почвы носит название комковатой, или «структурной», почвы. При этом все частички почвы пахотного горизонта связаны в «комки» — отдельности, крупностью от 1 до 10 мм. Каждый комок сложен из раздельночастичной почвы и обладает волосным водным режимом, вся же масса пахотного горизонта представляется рассыпчатой и отличается гравитационным водным режимом, при котором волосное передвижение воды исключено.

Такая почва носит название *культурной*, если комки ее *прочны*, т. е. *не скоро* расплываются от дождей, и почва не скоро становится бесструктурной. Название культурной присвоено ей потому, что только на комковатой почве возможно получение высоких и устойчивых урожаев, не зависящих от состояния метеорологических условий.

Причина таких свойств комковатой почвы та, что в почве бесструктурной оба элемента плодородия почвы — вода и усвояемая пища растений — всегда находятся в состоянии *взаимного антагонизма*, т. е. когда такая почва содержит максимальное количество воды, в ней совершенно отсутствует усвояемая пища, и когда в ней содержится максимальное количество усвояемой растением пищи, то усвояемой растением воды в ней совсем нет.

Такое явление совершенно очевидно представляет *следствие* сплошной волосности бесструктурной почвы. Когда в ней полное количество воды, которое она может вместить, то, так как все промежутки в ней волосные, воздуха в ней совсем не содержится. Раз в почве нет воздуха, а следовательно, кислорода, то из неисчислимого количества микроорганизмов почвы * аэробы, т. е. дышащие кислородом воздуха, замрут

* Если принять содержание микроорганизмов в 1 кг почвы в 1 трильон (в действительности их гораздо больше), то в 1 га на глубину 20 см, веся-

(но не отомрут, а перейдут в состояние спор), и будут пышно развиваться анаэробы. Анаэробы, хотя и не нуждаются в свободном кислороде для дыхания, но всегда, где бы они ни развивались, остро нуждаются в связанном кислороде, как в пище, и отнимают его от всех элементов окружающей среды, которая содержит легко отщепляемый кислород. В создавшихся условиях часть усвояемого соединения азота будет разрушена. *Все* усвояемые соединения серы будут переведены (восстановлены) в неусвояемые и, кроме того, образуются воднорастворимые закисные соединения железа, ядовитые для растений.

Достаточно одного отсутствия серы, чтобы растение прекратило развитие, а тут еще присоединяется отравляющее действие солей закиси железа. Явления гибели растений в этих условиях широко известны в сельскохозяйственном производстве под названием «вымокания» посевов.

Когда бесструктурная почва содержит максимальное природное количество усвояемой пищи растений, это значит, что в почве совсем нет воды, в ней максимальное количество воздуха и в ней протекает исключительно аэробный процесс, который, раз он начался, не требует в дальнейшем присутствия воды. Очевидно, что в таких условиях растение существовать не может. В сельскохозяйственном производстве это явление хорошо известно под названием «выгорания» растений.

Очевидно, что раз на бесструктурной почве, при полном запасе воды в ней, урожай может быть только нуль, и в отсутствии воды, конечно, тоже нуль, то максимальный урожай на такой почве осуществим только при количестве 50% возможного содержания в ней воды. Остальные 50% всегда будут приносить только вред. *Вода, практически важнейший фактор урожайности, на бесструктурной почве может быть использована только наполовину.*

щем 3 000 000 кг, число микроорганизмов будет 3×10^{15}, или три тысячи трильонов штук.

Долго ли в этих условиях могут продолжаться эти условия благоприятной влажности почвы.

Бесструктурная почва высыхает очень быстро. Такая почва вся волосная, и уносимая ветром с поверхности вода тотчас будет заменяться волосным притоком новой, до испарения всей воды. Суховей в один день может развеять самый большой запас воды.

Возобновляется запас воды крайне медленно. Нисходящий ток прогрессивно затухающий. Пока идет дождь, все промежутки бесструктурной почвы заполнены водой, в почве господствует анаэробиозис, и растение погибает. Как только прекратился дождь и вода еще не рассосалась, уже начинается испарение воды и растение питается урывками, перемежающимися голодовками, во время которых растение испаряет воду только для поддержания тургора, работает на холостом шкиве.

Совершенно ясно, что самая возможность осуществления урожая на бесструктурной почве будет зависеть только от частоты выпадения дождей; не от продолжительности, не от силы дождей, а от *частоты их выпадения*, т. е. от *стихийной* причины, и кривая ежегодных изменений урожаев, или кривая урожайности, также будет стихийною. Свойство этой стихийности кривой во всех странах одинаково. *Она характеризуется огромными, от 0 до 16 ц, и абсолютно непредвиденными ежегодными колебаниями при столетней средней в 6 ц зерна пшеницы.*

Разве не очевидно, что на бесструктурной почве при ежегодных непредвиденных колебаниях урожая от 16 ц до нуля неосуществима организация *планового* хозяйства, что ежегодно план будет стоять под угрозой срыва или перед фактом срыва и это будет зависеть от стихийной и абсолютно бесконтрольной причины — частоты дождей.

Разве не очевидно, что при среднем урожае в 6 ц зерна пшеницы совершенно неосуществимо обеспечение зажиточности колхозника.

Если мы обратимся в тому факту, что на бесструктурной почве урожай возможен только при 50% максимального запаса воды в почве, т. е. что он равен только 50% от возможного потенциального урожая и что, в свою очередь, этот запас воды зависит от частоты дождей, то мы принуждены притти к заключению, что производительность труда в растениеводстве только *в лучшем случае* равна 50% потенциальной, и что *этот лучший случай определяется частотою дождей.*

Раз это так, то очевидно, что все средства производства в растениеводстве могут проявить *в лучшем случае* только 50% своей потенциальной эффективности и, следовательно, удобрение, сортовые семена, живые двигатели, тракторы, орудия обработки почвы, орудия ухода за растениями, орудия уборки, орудия обработки урожая, автотранспорт, горючее, смазка, одним словом, все средства и орудия производства в растениеводстве *в лучшем случае* могут выявить 50% своей потенциальной эффективности.

Следовательно, все фабрики удобрений, все рудники в части добычи сырья для удобрений, все селекционные станции, все предприятия, производящие сортовые семена, все животноводческие предприятия, воспитывающие рабочий скот для растениеводства, все гиганты, выпускающие сельскохозяйственные тракторы, все гиганты сельскохозяйственных машин и орудий, все автотракторные гиганты в части растениеводческого автотранспорта, все заводы и шахты, снабжающие растениеводство горючим и смазкой, — одним словом всё, снабжающее растениеводство, работая полной стахановской нагрузкой, может *в лучшем случае* выявить лишь 50% своей потенциальной эффективности. Вот где скрыты неисчерпаемые, чудовищные запасы социалистических норм.

Дальше с упрямостью фактов следует, что вся продукция растениеводства в любом выражении обходится вдвое дороже ее действительной «потенциальной» стоимости и, следовательно, все предприятия, использующие продукты растениеводства

в качестве сырья, принуждены *в лучшем случае* оплачивать это сырье по двойной цене (в любом выражении). Это — производства, использующие растениеводческое сырье, прежде всего животноводство, целиком базирующееся на этом сырье и целиком разделяющее участь растениеводства в части стоимости продукта. Далее следует мукомольное, консервное, жировое, салотопенное, сахарное, крахмалопаточное, макаронное, спиртовое, каучуковое, текстильное, кожевенное и т. д. Одним словом, отрасли промышленности, изготовляющие незаменимые продукты первейшей необходимости и широчайшего потребления. И все эти продукты должны *в лучшем случае* расцениваться вдвое дороже против их потенциальной стоимости.

Диаметральную противоположность бесструктурной почвы представляет почва комковатая. Эта структура обеспечивает неосуществимость явления антагонизма воды и усвояемой пищи в почве. Вода и воздух в комковатой почве занимают разные места. Вода в комках, воздух между комками. В такой почве, несмотря на полный запас воды, не прекращается аэробный процесс. И следовательно, *в ней осуществляются условия плодородия почвы, одновременное обеспечение растений максимумом воды и пищи.*

Запас воды в комковатой почве очень велик. Она мгновенно пропускает в свою массу 100% атмосферных осадков, какой бы силы они ни были. Запас воды, проникшей в комковатую почву, может быть использован только растением. Лишь верхние два слоя комков испаряют воду прямо на воздух. Это количество испаренной воды равно 15% годового количества осадков, и, следовательно, для растения остается 85% годовых осадков, тогда как бесструктурная почва может обеспечить растение только 15% годовых осадков.

Совершенно очевидно, что дальнейшая деятельность стахановцев должна быть направлена, помимо приложения своих трудов, на получение комковатой почвы, потому что только на ней все мероприятия всего сельскохозяйственного произ-

водства достигают своей полной эффективности и только на ней социалистический труд может выявить свой качественный признак — высокую производительность.

Комковатая структура вследствие своего огромного значения должна обладать еще одним производственным признаком и свойством. Она должна быть *прочною*. Часто свойство прочности понимают, как способность комка противостоять механическому давлению, не рассыпаясь в порошок. Последнее свойство — качественный признак раздельночастичной почвы, и так как комок, рассматриваемый сам по себе, сложен из раздельночастичной почвы, то *связность* ему присуща как его качественный признак.

Под прочностью понимается способность комка почвы не расплываться в воде в бесструктурную грязь, которая по высыхании обращается в раздельночастичную *корку*, со всеми ее отрицательными свойствами.

Прочность комка зависит от нерастворимости в воде того вещества, которое цементирует частички почвы в комок. Этот *цемент — перегной, содержащий в поглощенном состоянии катион кальция*. Перегной — органическое вещество, и так как качественный признак комковатой структуры почвы — создание в ней аэробных условий, в которых органическое вещество быстро разлагается, то очевидно, что в самой комковатой структуре заложены условия ее уничтожения. Производственный опыт показывает, что прочная комковатая структура уничтожается в течение 6—7 лет.

Из предыдущего с очевидностью вытекает, что совершенно неизбежно культура на социалистических полях должна проводиться в такой системе, которая обеспечила бы восстановление и поддержание прочной комковатой структуры почвы.

До сих пор еще сохранилось среди агрономов и кабинетных ученых мнение, давно изжитое и рассматриваемое как архаический пережиток самими участниками сельскохозяйственного производства, что можно накопить в почве прочный перегной

путем внесения извне органического вещества, например, навоза, зеленого удобрения, торфа, и запашки его в почву. Десятилетнему ребенку ясно, что раз задача обработки состоит в создании аэробных условий, в которых органическое вещество быстро сгорает, то накопить перегной в таких условиях можно с таким же успехом, как сохранить книгу в топящейся печке.

При современном уровне развития наших научных знаний мы знаем только одну научно обоснованную во всех деталях систему культуры на социалистических полях. *Это плановая система организации сельскохозяйственных культур на основе правильных травопольных севооборотов.*

Главный момент, лежащий в основе организации всей системы сельскохозяйственных культур в каждом отдельном сельскохозяйственном предприятии, есть государственное плановое задание в абсолютном весовом выражении, как *минимум* результативности каждого предприятия в целом. Второй, не менее обязательный момент, регулирующий и контролирующий правильность выполнения первого момента, требование максимальной результативности труда при одновременной его максимальной производительности во всех звеньях предприятия.

Прямое следствие сопоставления двух первых обязательных моментов — требование наличности *в каждом* сельскохозяйственном предприятии или *в каждом* его отделении двух самостоятельных севооборотов, так как в одном севообороте достижима или одна результативность в сильный ущерб производительности труда, или большая производительность труда в ущерб его результативности.

Все остальные моменты организации сельскохозяйственных культур в каждом отдельном конкретном предприятии входят в понятие *о правильном севообороте.* Часто понимают требование, выраженное товарищем Сталиным четким и ясным производственным термином «правильный севооборот», как требование только чередования культур. Это неверное понимание.

Производственное понятие *правильного севооборота* сла-

гается из неразрывного комплекса нескольких систем мероприятий. Они следующие:

1. Система создания и поддержания условий плодородия почвы или система земледелия. Конкретно задача системы земледелия сводится к обеспечению неосуществимости явления антагонизма в почве воды и усвояемой пищи, или к возобновлению и поддержанию прочности структуры почвы. Это достигается чередованием через каждые 6—7 лет культуры однолетних растений культурой *смеси многолетних трав.*

Два севооборота травопольной системы социалистической сельскохозяйственной культуры отличаются продолжительностью культуры смеси многолетних трав. В одном эта культура многолетних трав строго ограничивается *одним годом пользования*, при *твердом* условии, по меньшей мере, *двух укосов*, производимых *в стадии бутонизации травы* (кроме участков *второго укоса*, отведенных под получение *семян* трав). Этот севооборот обычно носит название *полевого севооборота.* Смесь трав непременно должна состоять из *одного многолетнего злака и одного многолетнего бобового.* Для северных и западных нечерноземных и черноземных районов — тимофеевка и клевер (так называемый «одноукосный», «пермяк», или «орловский»), для юго-восточных и южных черноземных районов — житняк ширококолосый (для Сибири — американский пырей; для солонцовых почв — житняк узкоколосый) и желтая или средняя («песчаная») люцерна (не синяя), для Средней Азии и Закавказья (орошаемая и богарная культура) — французский райграс и люцерна средняя или «туркестанская» синяя, на солончаковых землях — бекмания и земляничный клевер (пустоягодник). Обязательное твердое требование: травяное поле пашется возможно поздней осенью, непременно *рухадловым* плугом с *предплужником.* Плуг на 20 см (как минимум), предплужник на 10 см (всегда). Нож черенковый *сзади* предплужника только *заднего* корпуса. Вспашка загонами с чередованием сначала *свалов*, потом *развалов.* Зябь дернины

никогда не боронуется и не укатывается. Весной волокуша или гвоздевка под углом к бороздам зяби. Перед посевом экстирпатор не глубже хода сошников сеялки и посев *пшеницы* европейскими сошниками, с деревянными брусками-волокушами под углом к рядам. Уход за травяным полем крайне прост. Весной травы не боронуются. Остатки жнивья удаляются *конными граблями*. Два следа тяжелой бороны после каждого укоса; после первого укоса перед бороньбой подкормка половинной дозой суперфосфата и сильвинита, особенно участков на семена. Пастьба на полях полевого севооборота безусловно запрещается.

Второй севооборот отличается от полевого многолетним (не больше пяти лет) использованием травяного поля. Он носит название «лугового», «кормового», «приусадебного» или «прифермского». Название «луговой», отражающее развитие севооборота, наводит на неправильное заключение, что он применяется на луговых угодиях. Его применение диктуется государственным заданием, а не природой угодий. Также неправильно и название «кормовой»; присутствие большой площади кормов — не качественный его признак. Качественный его признак, как и полевого севооборота, тот, что и в том и в другом трава (сено, пастбище) представляет не *цель* культуры, а агротехническое *средство*, и что в том и в другом севооборотах животноводство получает *зеленую кормовую базу* по *цене* одной *перевозки* травы, так как все *другие затраты средств окупаются устойчивым тройным, как минимум, и учетверенным, упятеренным и т. д. перспективным подъемом урожайности всех сельскохозяйственных культур*. Отсюда с очевидностью вытекает и огромное повышение продуктивности животноводства. Принципы многолетнего использования травяного поля и ухода за ним почти те же, как и в полевом севообороте. Весеннее боронование никогда не применяется. Вместо него обязательно укатывание тяжелым катком, чтобы парализовать неизбежное весеннее выжимание мелких проростков семян, прикрываемых очень

мелко. Боронование после каждого укоса или окончания выпаса. Правильный выпас может начинаться только после первого укоса второго года пользования. Первые укосы первых четырех лет правильно косить на сено, не допуская до цветения. Только пятый год (последний) можно сплошь участками выпасать поле с весны. После выпаса перед боронованием следует непременно подкосить объедки. Остальные приемы те же. Смесь многолетних трав приусадебного севооборота более сложная и составляется по особым правилам. Семенные участки не оставляются, так как посев этих трав на семена требует особых условий и инвентаря; это дело особых организаций. Соотношение площадей полевого и прифермского, или приусадебного, севооборотов определяется исключительно на основании государственного задания в весовом выражении для каждого конкретного сельскохозяйственного предприятия и не может быть ни в каком случае предопределено заранее.

2. Система чередования культур в двух севооборотах или система ротации в отношении числа и состава культур определяется государственным заданием. Порядок же размещения их в севообороте определяется их отношением к травяному полю и технологическими требованиями к качеству продукции каждой культуры. Непосредственно за травой в полевом севообороте *не могут* следовать озимые и пар — они сразу уничтожат все агротехническое значение травяного поля; не могут следовать вследствие понижения качества продукции сахарная свекла, заводской картофель, двурядный ячмень; не могут следовать вследствие несовершенного использования избытка азота однолетние бобовые. Непосредственно после травы лучшее место для яровой пшеницы и для свекловичных высадков. Заводские свекла и картофель следуют не раньше второго года после травы, однолетние бобовые не раньше третьего года; замыкает севооборот по удобренному пару озимь с подсевом трав, многолетнего злака одновременно с озимью, многолетнего бобового ранней весной до боронования озими.

В прифермском, или приусадебном, севообороте порядок чередования сильно зависит от продолжительности использования травяного поля. Севооборот с двухлетней травой мало отличается от полевого. Он замыкается удобренным занятым паром и озимью с таким же подсевом трав. После двухлетней травы лучший хлеб твердая пшеница. Второй год после травы могут занять мягкая пшеница, лен-долгунец, многорядный ячмень. Третий год кормовые мешанки или масличные и пищевые корнеплоды и клубнеплоды.

Травы трех-, четырех- и пятилетнего пользования подсеваются под яровые пшеницу, ячмень или овес или однолетние мешанки. В этих севооборотах озимь обыкновенно отсутствует. Поля, непосредственно следующие за травами, лучше всего используются под листовые, огурцы, баклажаны (но не томаты), бахчу пищевую и кормовую, лук, коноплю, лен-зеленец или перенный. Второе поле после травы под лен-долгунец, пластовое просо, лен-кудряш, кунжут, томаты, зимнюю капусту, масличные. Третий год после трав — лен-долгунец, коноплля, масличные, корне- и клубнеплоды. Ясно, что система двух травопольных севооборотов открывает широчайшие перспективы для перевыполнения государственного задания, в каком бы разнообразии ни сочетались его элементы.

3. Система обработки включает два задания — поддержание рыхлости комковатой почвы и борьбу с засорением и засоренностью почвы. Вся система базируется на двух аксиоматических предпосылках: чем реже применяется обработка почвы, тем выше и ее техническая и экономическая эффективность; на засоренной почве все преимущества всех совершенных систем мероприятий будут использованы только сорняками в ущерб культурным растениям.

Система обработки почвы слагается из комплекса двух систем мероприятий: системы основной, или зяблевой, обработки и системы предпосевной обработки. Все другие «системы обработок» представляют измышления недоучек-болтунов от агро-

номии. Решающая система зяблевой обработки, и на ней должно быть сосредоточено сугубое внимание, не меньшее, чем на ней сосредотачивают враги социалистического строя.

Система зяблевой обработки слагается из *обязательного во всех случаях лущения жнивья.* Оно производится всегда *одновременно с уборкой* (10% экономии горючего), никак не глубже 5 см, иначе оно *превращается в систему засорения почвы.* Оно производится *только пшеничными дисковыми плугами.* Другие лущильники работают не мельче 7—8 см, их место в паровом поле. Взлущенное жнивье никогда не боронуется. Диски пшеничников должны быть остро наточены.

Если на поле был пырей или другой корневищевый сорняк, то *не позже,* как через 15 дней после лущевки или как только *появляются* всходы пырея, поле пашется на зябь *непременно* рухадловым плугом *с предплужником,* никак не мельче 20 см, предплужник на 10—11 см. Это единственная проверенная система уничтожения пырея, свинороя, гумая и других корневищевых сорняков и *овсюга. Борьба с ними в пару представляет лучший способ их разведения.* Остальная лущевка пашется тем же приемом в любое время до глубокой осени, не допуская только обсеменения однолетних сорняков. Лущение жнивья сохраняет 65% *горючего на зяблевой вспашке.* Зябь никогда не боронуется и не укатывается. Только в случае появления побегов корнеотпрысковых сорняков применяется экстирпатор.

Система предпосевной обработки может быть выполнена *только при наличии зяби. Если зяби и лущевки не было, то всякая весенняя предпосевная обработка будет граничить с вредительством.*

Весной при первом выезде в поле вся зябь обрабатывается волокушей или гвоздевкой под острым углом к бороздам зяби. После этого следует обработка *экстирпатором,* для поздних яровых повторение *на глубину не глубже последующего хода сошников сеялки.* Это момент решающий; несоблюдение его может стоить до половины урожая, в зависимости от глубины несо-

блюдения предела. *Общее* правило: прорастающее семя должно лежать на слежавшейся постели и должно быть прикрыто легким, проницаемым одеялом. Обработка парового поля представляет разновидность предпосевной обработки; размеры статьи не позволяют входить в ее детали. Борона и каток представляют орудия ухода за растениями и к обработке открытой почвы не допускаются, так же как и фреза, представляющая машину леса и болота.

4. Последняя система, слагающая комплекс правильного севооборота, это *система удобрения*. Она слагается из двух подчиненных систем: системы регуляции химических условий плодородия почвы и системы регуляции пищевого режима растений. Конкретная задача первой системы состоит в поддержании требуемой культурными растениями слабокислой реакции путем известкования или мергелевания кислых почв и гипсования или «кислования» щелочных почв.

Система регуляции пищевого режима *растений* резко отличается от прежней установки удобрения *почвы*. Она требует двукратного применения *основного удобрения* в течение ротации, причем одно непременно предшествует посеву многолетних трав. Кроме того, вводится система подкормки растений в критические моменты их развития. Удобрения, отрицательно влияющие на структурное состояние почв, а также известкование и гипсование всегда производятся в первом году пользования травяным полем.

Особенно важно, чтобы всякое удобрение непременно производилось всегда совместным применением как минеральных туков, так и органических азотистых удобрений. При несоблюдении этого правила 3 000 трильонов (3×10^{15}) микробов одного гектара почвы быстро переводят все минеральные соединения пищи растений — туков в неусвояемые зелеными растениями органические вещества своего тела, причем в такую же форму они переведут и минеральные соединения азота почвы, и во время этой работы будут усиленно разрушать перегной почвы.



ПРОЧНОСТЬ И СВЯЗНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ [5]

Совершенно ясно, что вследствие огромного производственного и народнохозяйственного значения структурности «всеобщего средства труда» — почвы — длительность удержания почвою раз приданного ей структурного состояния представляет один из важнейших вопросов сельскохозяйственного производства. Способность почвы сохранять — не утрачивать приданной ей комковатой структуры носит название *прочности структурного состояния почвы*, или *прочности структуры*, или просто *прочности почвы*. Когда говорят о прочности, то невольно возникает представление, что имеется в виду способность отдельных структурных элементов (комков) почвы противостоять механическим силам, стремящимся разъединить механические элементы почвы, слагающие комки, раздавить комки, механически распылить почву.

Способность почвы противостоять механическому разъединению ее механических элементов носит название *связности* и до известной степени совпадает с физическим понятием *сцепления*.

Под прочностью же разумеют способность структурных элементов почвы *не расплываться в воде*, ее *неразмываемость водой*, хотя это последнее выражение как бы подразумевает движущуюся воду и этим суживает, ограничивает понятие о прочности. Эта трудность проведения резкой границы между двумя, повидимому, совершенно различными «свойст-

вами» тела представляет простое следствие того, что мы имеем дело не с неподвижно мертвым «свойством» застывшего в своем «состоянии» тела, а с рядом процессов, находящихся в диалектической взаимосвязи и взаимозависимости и непрерывно, в порядке своего развития, переходящих то ярко выраженными скачками, то, взаимно растворяясь, в новые формы движения материи. Поэтому совершенно неприемлемо «традиционное» расчленение понятия о почве на искусственные механические разделы «физических свойств», внутренних и внешних, химических свойств, биологических свойств, коллоидных свойств и т. д. На основе такого искусственного «эклектизма» можно возвести только сложное сооружение архаической схоластики, вся научность которой сводится к беспощадным спорам о словах и формулах, которыми тщетно стараются заменить понятия о развитии и процессе. Такая «наука» производственно мертва и бесполезна и может существовать только как «самоцель».

В процессе прогрессивно растущего измельчения массивной горной породы в обособляющемся рухляке нарастают и новые свойства. Отношение величины свободной «поверхностной» энергии к объему измельчающихся частиц беспрерывно растет, и измельченный рухляк, бывший «сыпучим» телом, приобретает новое качество — «связность», т. е. поперечники измельчающихся частичек рухляка становятся настолько малыми, что допускают приближение частичек по всей их поверхности на такое малое расстояние, при котором их свободная энергия поверхности переходит в новое качество сыпучего тела — *сцепление*, или связность. При этом, как при измельчении «массивной» горной породы *сыпучесть* рухляка выявляется сразу — скачком, так и связность рухляка проявляется сразу, также скачком при достижении его частичками размера 0,001 мм. В том случае, когда сыпучее тело сложено исключительно из частичек не крупнее 0,001 мм или содержит частичек этой крупности количество, достаточное для заполнения всех промежут-

ков между частичками, более крупными, то возрастание связности не наблюдается при дальнейшем измельчении сыпучего тела (Фадеев). Кроме того, от состава сыпучего тела (испытаны глина, смесь полевых шпатов, горный хрусталь, березовые опилки, торф) оно сразу, по достижении всеми его частичками поперечника 0,001 мм, приобретает связность, не возрастающую при дальнейшем измельчении (Сабанин). Проявление сыпучести и связности выражается в том, что любая фигура, сделанная из сыпучего тела, обращенного в *пластичное* тесто прибавкой соответствующего количества *перегнанной* воды, после высыхания рассыпается или сама по себе (под влиянием тяжести) или под влиянием самого легкого сотрясения. Если же таким же способом сделать фигуру из сыпучего тела, обладающего связностью, то фигура и после высыхания сохраняет форму, для разрушения которой потребуется приложение иногда значительного усилия. Например, шарик диаметром в 1 см, сформованный из порошка горного хрусталя (природный кристаллический кварц) крупностью в 0,001 мм, в совершенно высушенном состоянии можно разрушить только ударом молотка (Сабанин).

Производственное значение связности почвы настолько велико, что его трудно переоценить. Оно выявляется нагляднее всего при обработке почвы. При основной (зяблевой) вспашке на нормальную (20 см) глубину мы разрезаем пахотный слой почвы на пласты шириной приблизительно в 40 см. Эти пласты движением отвала плуга мы поднимаем приблизительно на 40 см и одновременно передвигаем вправо приблизительно также на 40 см. Таким образом при нормальной (на 20 см) вспашке мы передвигаем весь пахотный слой в общей сложности на 0,8 м (40 + 40 см). Принимая вес пахотного слоя почвы 1 га при нормальной глубине в 0,2 м в среднем равным приблизительно 3 000 000 кг, мы должны затратить *только* на перемещение этого груза 2 400 000 кг/м работы (пренебрегая небольшой затратой работы на скручивание пласта на отвале,

на преодоление трения почвы о рабочие элементы плуга и другими моментами, которые будут приблизительно одинаковы в обоих сравниваемых случаях). При структурной (комковатой) почве затрата энергии на нормальную вспашку 1 га и ограничится величиной, равной 2,4 млн. кг/м работы (не считая оговоренных затрат), так как структурная почва представляет сыпучее тело, не обладающее связностью ни в какой мере. При такой же вспашке бесструктурной (распыленной или раздельночастичной) почвы мы, кроме всей суммы работы, затрачиваемой на передвижение всего груза пахотного слоя 1 га, должны произвести еще работу на преодоление связности. Мы должны *отколоть* пласт от подпахотного слоя, с которым пласт связан моментом связности. Такого же характера работу («скалывание») мы должны произвести, чтобы отделить пласт от еще не паханного поля. При переходе пласта из своего первоначального горизонтального положения на крутую наклонную поверхность лемеха и отвала мы должны проделать работу *крошения*, т. е. расколоть пласт двумя системами трещин — вертикальными на лемехе и наклонными на отвале. Образование трещин представляет прямое преодоление связности. Сумма всех затрат энергии при нормальной (20 см) вспашке бесструктурной почвы в случае производства этой обработки в условиях влажности почвы, при которой требуется наименьшая затрата работы на преодоление связности (так называемая «спелость» почвы), в 3—4 раза больше той затраты, которая необходима для преодоления веса пахотного слоя; т. е. если затрата энергии на нормальную обработку 1 га структурной почвы равна около 2 400 000 кг/м работы, то такая обработка «спелой» бесструктурной почвы потребует от 7 200 000 до 9 600 000 кг/м работы. Но такое «спелое» состояние бесструктурной почвы — явление скоропреходящее, и чаще всего вспашка бесструктурной почвы производится при ее «сухом» состоянии. В таких случаях затрата энергии прогрессивно повышается с уменьшением влажности и требует в 5—7

раз больше затраты энергии, чем вспашка структурной почвы, т. е. до 12—17 млн. кг/м работы на 1 га. Эти грандиозные колебания ярко демонстрируют, насколько непроизводителен труд при вспашке бесструктурной почвы, и причину частых невыполнений планов вспашки (преимущественно зяблевой) и, не менее частых случаев перерасходов горючего. Максимальное возрастание связности наблюдается на раздельно частичных солонцах, на которых связность может достигнуть 20- и даже 40-кратного превышения связности структурной почвы. Такое увеличение связности солонцов делает обработку их конным инвентарем совершенно не осуществимой, а попытки механизировать обработку их (без предварительной мелиорации) оканчиваются аварией инвентаря.

Величина связности бесструктурных почв зависит от состояния их влажности. Максимального выражения связность всякой почвы достигает при ее «абсолютно сухом» состоянии. В свою очередь, этот исходный максимум связности всякой почвы зависит от ее механического состава, достигая минимума (иногда нуля) в песчаных почвах и максимума в глинистых («иловатых») почвах. Второй момент, определяющий исходный максимум связности всякой почвы, представляет ее микроагрегатность (лёссовидность), а следовательно, содержание в ней углекислой окиси кальция. Содержание извести влияет на понижение связности почвы, причем это влияние сказывается тем сильнее, чем мелкозернистее механический состав почвы, и своего максимума влияние извести на величину связности достигает на глинистых почвах. Третий момент, определяющий величину исходного максимума связности всякой почвы, — содержание в ней органических остатков. Отношение этого момента к механическому составу почвы такое же, как и извести. Очень часто (почти всегда) отождествляют влияние органических остатков с влиянием перегноя, несмотря на то, что влияние этих различных веществ диаметрально противоположно. Влияние перегноя сложной смеси веществ в состоя-

нии коллоидального измельчения по характеру своему одного порядка, как и влияние глины, и это влияние учитывается при определении влияния механического состава (перегной целиком входит в механическую фракцию «глины» или «ила», т. е. частичек мельче 0,001 мм). Отсюда и мало вразумительная формула, встречающаяся во всех учебниках: «органическое вещество (какое?!) разрыхляет глинистые почвы и связывает песчаные». Большинство «учебников» пишется не пером, а ножницами.

Исходный максимум связности всякой почвы изменяется в закономерной зависимости от количества и содержания в почве воды. По мере увеличения содержания воды в почве связность ее непрерывно уменьшается, достигая своего минимума при содержании воды в почве, равном 60% от волосной влагоемкости *всякой* почвы. Это состояние влажности, равное 60% волосной влагоемкости почвы, характеризуется в производстве как *спелость* почвы. Слишком сухая для обработки почва не поддается сжатию кома рукой или пылит при раздавливании. Ком спелой почвы легко раздавливается рукой, брошенный на землю он рассыпается, при сжатии рукой не образует блестящих поверхностей и из него не выдавливается вода. Поэтому бесструктурную почву надо пахать в состоянии спелости. Очевидно, что производственное значение этого момента чрезвычайно велико.

Когда количественное содержание воды превысило 60% влагоемкости, связность скачком переходит в новое качество почвы — *пластичность*, выражающуюся в том, что масса почвы становится способной под влиянием механических воздействий изменять свою форму как одно целое, не раскалываясь на отдельности. Свойство пластичности приобретают не только бесструктурные почвы, но и структурные. В структурной почве, содержащей больше 60% воды по отношению к полной ее влагоемкости, под воздействием механических причин отдельные комки сливаются в одну общую массу, т. е.

комковатая почва утрачивает структурность, обращаясь в бесструктурную. Изменение связности почвы с изменением количественного содержания в ней воды до предела наступления спелости, имеющее огромное производственное значение для бесструктурных почв, очевидно, ни в какой мере не относится к структурной почве, так как комковатая почва связностью не обладает. Наоборот, пластичность почвы, наступающая после превышения степени влажности, определяющей ее спелость, почти не имеющая значения при обработке бесструктурных почв (почти потому, что практически мы имеем дело с почвами частично структурными), приобретает огромнейшее производственное значение для структурной почвы. Обработка слишком влажной (мокрой), насыщенной водой до состояния полной влагоемкости структурной почвы обращает весь подвергавшийся обработке слой почвы в бесструктурное состояние. Признак состояния пластичности представляет выдавливание из сжатой в горсти (кулаке) почвы воды и образование при обработке такой почвы блестящих (мажущихся) поверхностей и расплющивание в лепешку брошенного на землю кома почвы.

Когда количественное содержание воды без различия в структурной или бесструктурной почве превышает величину ее полной влагоемкости, масса почвы приобретает свойство *текучести*, т. е. в ее массе начинают в той или иной мере преобладать свойства воды (жидкости), т. е. способность передвижения под влиянием собственного веса и гидростатического давления. В таком состоянии масса почвы, расположенная на *откосах*, сползает по уклону откоса, образуя *оползни*, или отдельные слои ее *выплывают* или *вспучиваются*. Если масса такой «перенасыщенной» водой почвы расположена не на откосе «пересеченного» рельефа, а на *склонах* более «спокойного» рельефа, то такая масса почвы приобретает свойства «плывуна». Она «выплывает» из стенок и со дна ямы или котловины и заполняет их до уровня, высота которого определяется величиной гидростатического

давления, под которым находится пересыщенный водой слой почвы. В таком состоянии почва образует «пучины» (от слова «пучить») на откосах и на дорогах, прорывается иногда на поверхность, разливаясь вокруг пучин или образуя *грязевые вулканы,* под давлением образующихся в почве газов. Под влиянием веса сооружений плывун выдавливается, образуя пучины вокруг сооружений, а погружающиеся сооружения под влиянием неравномерной осадки образуют трещины, деформируются и теряют устойчивость. Текучесть пересыщенной водой почвы — причина весенней и осенней распутицы.

Прочностью структурной почвы называется способность ее комков не расплываться в воде с образованием бесструктурной грязи. Степень прочности почвы может быть очень различной. Комок почвы, положенный в воду, может мгновенно расплываться в пятно бесформенной грязи, или постепенно отслаивать корочки и чешуйки бесструктурной почвы, или рассыпаться в конус микроструктурных агрегатов. Причина, ускоряющая распадение таких комков, обладающих малой прочностью, лежит отчасти в давлении пузырьков воздуха, выдавливаемых из сухих комков впитывающейся в них волосной водой. Это видно из того, что такие комки сохраняют свою форму в стоячей или медленно движущейся воде после того, как предварительно смачиваются путем медленного пропитывания их водой, подводимой снизу и не препятствующей своим давлением свободному выделению воздуха, вытесняемого волосной водой, проникающей в комки снизу (Г. И. Павлов). Это обстоятельство производственно используется при замене примитивного способа орошения «напуском» орошением путем впитывания воды, подводимой тем или иным способом снизу (по бороздам, через фашины «подземным орошением», петерсеновским дренажем и др.). Но при смачивании почвы атмосферными осадками сверху (особенно ливневой и снеговой водой) эта особенность структурных элементов почвы значения не имеет.

Более прочные комки почвы сохраняют свою форму в движущейся воде, и встречаются почвы, сохраняющие свое структурное состояние даже при многочасовом кипячении (структурные глинистые почвы центральной области поймы, целинные почвы «марей» ДВК и др.).

Причина прочности структурных отдельностей долгое время оставалась невыясненной, и до последнего времени еще часто приводят ряд этих причин, который представляет простое отражение исторического хода воззрений на эти причины. Прежде приписывали прочность комков почвы цементирующему влиянию нерастворимой в воде углекислой окиси кальция и трехосновному фосфату кальция (Шлезинг старший).

Этот взгляд опровергается тем, что рухляк карбонатной породы совсем не обладает прочностью. Даже большие колебания количественного содержания фосфорной кислоты в бесперегнойных почвах не отражаются на их прочности. Кроме того, фосфорная кислота, вносимая в форме растворимых фосфатов, быстро переходит в формы живого органического вещества и органических соединений. Нерастворимые фосфаты кальция доступны растениям только при наличности кислой реакции почвы, при которой трехосновной фосфат кальция не может проявить цементирующего действия вследствие своей растворимости при кислой реакции почвы.

Позднее приписывали прочность почвы присутствию в ней коллоидальной глины (Шлезинг старший). Но количественное содержание мельчайших коллоидальных частиц глины не только не остается без влияния на повышение прочности почвы (Фадеев, Сабанин), но оказывает прямо противоположное действие: чем *больше* их количественное содержание, тем *меньше* прочность почвы и тем труднее придать такой почве прочность структурных отдельностей (Фадеев). Высказывается мнение, что *перегной* отрицательно влияет на прочность почвы (Вольни), но это мнение — механический вывод из ряда неправильных «опытов», в которых «перегной» вносился

в испытуемую почву в виде тонко измолотого (мельче 0,01 мм) порошка сфагнового *торфа*. Наконец, было твердо установлено, что *нерастворимый цемент*, прочно соединяющий механические элементы почвы в трудно размываемые водой комки, — перегной (Фадеев). Для опытов был взят искусственно приготовленный минеральный рухляк, представлявший промытый кислотой и перегнанной водой «воробьевский» третичный кварцевый песок (акад. А. К. Павлов) с Воробьевых (ныне Ленинских) гор на берегу р. Москвы (состоявший преимущественно из пылеватых элементов), искусственно обогащенный в различных соотношениях иловатой механической фракцией (мельче 0,001 мм), полученной из промытой горячей соляной кислотой и перегнанной водой гжельской глины. Искусственные рухляки различного механического состава пропитывались в различных количественных соотношениях искусственно полученным «перегноем». Перегной приготовлялся из северного чернозема (б. Ефремовского у. б. Тульской губ.).

Чернозем промывался 10% соляной кислотой до исчезновения реакции на кальций, затем его декантацией отмывали от избытка соляной кислоты. Промытый чернозем выщелачивался 2% аммиаком и черный раствор пропускался через промытые 10% соляной кислотой, 2% аммиаком и перегнанной водой бактериальные фильтры — свечи Нордмейера под давлением. Полученный черный раствор, не содержавший золы (при этой работе попутно было опровергнуто господствовавшее мнение Л. Грандо и Эгертца о существовании сложных растворимых в аммиаке минерально-перегнойных комплексных соединений в почве), считался молекулярно растворимой «гуминовоаммиачной солью». После пропитывания рухляка соответствующим количеством черного раствора рухляк высушивался и вновь пропитывался слабой соляной кислотой в одних случаях и раствором хлористого кальция — в других. После отмывания хлористого аммония и избытка реактивов полученная темная или черная

искусственная почва высушивалась часть при комнатной температуре, часть при 102—105°, зернилась на комки в 2—3 мм в поперечнике и испытывалась на степень прочности структуры (на приборах Фадеева, а после на приборах Вильямса). При этом предполагалось, что в «почвах», промытых соляной кислотой, осаждалась свободная «гуминовая» кислота, а в промытых раствором хлористого кальция — «гуминовокальциевая соль» (опыт, начатый Фадеевым, оконченный Вильямсом). При испытании на степень прочности структуры комков искусственно приготовленных «почв» оказалось, что комки, сцементированные свободной гуминовой кислотой, обладают прочностью лишь в малой степени, комки же, сцементированные гуминовокальциевой солью, хотя и приобретают прочность, но степень прочности колебалась в очень широких пределах и установить причины колебаний не удалось. Из этих опытов был сделан вывод (неправильный — механистический), что цемент, определяющий прочность структуры природных почв, представляет гуминовокальциевую соль (Вильямс). При этих опытах попутно выяснилось, что подметить сколько-нибудь закономерные стехиометрические соотношения между содержанием в почвах (природных и искусственно приготовленных) гуминовой кислоты и кальция не удалось, так же как не удалось и объяснить этого явления при современном состоянии учения о почве (до конца XIX в).

Только после длительных исследований удалось твердо установить, что прочность комков почвы зависит от пропитывания комков ульминовой кислотой, выделяемой анаэробными бактериями при разрушении ими корневых остатков многолетних травянистых растений. Другие перегнойные кислоты — гуминовая и апокреновая — только в исключительных условиях могут принимать участие в этом процессе; участие креновой кислоты совершенно исключено, так как форм ее соединений, не растворимых в воде, совершенно неизвестно. Ульминовая кислота, впитываясь в комки, легко переходит в денатурированное состояние, т. е. в состояние аморфного колло-

идально измельченного вещества. Как всякое коллоидально измельченное вещество, ульминовая кислота обладает способностью удерживать на поверхности своих гранул положительно заряженные ионы (катионы), образующие так называемые *обменные основания. От валентности обменных оснований, поглощенных гранулами ульминовой кислоты,* зависит отношение самих гранул к воде (вернее, интермицелярной жидкости). Если поглощенный гранулой коллоида обменный катион *одновалентен,* то сама гранула приобретает способность образовывать *коллоидальный раствор,* т. е. гранулы коллоида стремятся равномерно распределиться во всем окружающем объеме воды; иначе, такой коллоид обладает свойством *клея* (колла — клей, коллоид — клеящее вещество). Когда одновалентный обменный катион путем обменной реакции замещен *двухвалентным,* гранулы коллоида утрачивают способность к образованию коллоидального раствора, т. е. коллоид обращается в *цемент,* «не растворимый» в пресной воде.

Ясно, что ульминовая кислота (или любое коллоидальное вещество), содержащая в поглощенном состоянии одновалентный катион, не может служить цементом, определяющим прочность структуры почвы; такой цемент должен содержать поглощенный двухвалентный катион (практически кальций).

Многовековое производственное наблюдение показывает, что *всякая* полевая почва, обладавшая весной совершенно прочной комковатой структурой, утрачивает ее в течение вегетационного периода, и после уборки поверхность *всякой* полевой почвы до некоторой глубины представляет бесструктурную массу. Изучение этого явления, имеющего огромное производственное значение, заставляет признать его результатом воздействия на полевую почву трех групп процессов, результатов обстановки производственного использования полевой почвы.

Самая простая по своей очевидности — группа процессов

механических. Нельзя себе представить культуры, не сопряженной с передвижением по поверхности поля тяжестей; передвигаются люди, живые двигатели, тракторы, почвообрабатывающие машины, сеялки, машины ухода, уборочные машины, повозки с семенами, удобрениями и с убираемым урожаем. Сами почвообрабатывающие машины своими рабочими элементами (сошники сеялки) растирают комки в пыль.

Очевидно, что всякая тяжесть встречает сопротивление раздавливаемых поверхностных комков, и давление тяжелого тела на следующие слои комков будет уменьшено на величину сопротивления раздавливанию вышележащих комков. Другими словами, величина всякого давления на поверхность почвы будет затухать. Наблюдение показывает, что в среднем всякое давление затухает приблизительно на глубине 10 см. До сих пор еще приходится встречаться с предрассудком, что тракторы вследствие своего большого веса разрушают структуру почвы сильнее, чем живые двигатели. Но важен не абсолютный вес машины, а величина давления на единицу поверхности. Прямые трехлетние исследования в этом направлении показали, что исключительно тракторное производство всех операций в трехпольном севообороте приблизительно вдвое меньше разрушает структуру почвы, чем в том случае, когда все эти операции в том же севообороте производились конной тягой. Не следует переоценивать вреда механического разрушения структуры, так как она будет разрушена другими процессами. Но из этого никак нельзя сделать противоположного вывода, что этот вред можно недооценивать. Вред не подлежит сомнению, и с ним необходимо не только считаться, но и бороться. Самое действительное средство борьбы с механическим разрушением структуры лежит в замене непосредственного передвижения двигателей по полю тросовой (канатной) передачей энергии непосредственно рабочим органам, т. е. в электрификации всей машинизации рабочих процессов. Совершенно очевидна непосредственная связь механического разрушения структуры со связностью комков.

Поэтому всякое неизбежное передвижение тяжестей по поверхности почвы (возка навоза, пастьба) должно приурочиваться к тому времени, когда связность почвы наиболее выражена, т. е. к сухому состоянию поверхности почвы.

Несколько сложнее вторая группа процессов утраты прочности поверхностью почвы в течение каждого вегетационного периода — причин *химических*. Все без исключения атмосферные осадки содержат две аммонийные соли — углеаммиачную и азотноаммиачную. Аммиак образуется в атмосфере в результате так называемого «тихого разряда» и так же образуется и азотная кислота. Аммиак соединяется частью с углекислотой воздуха и с образующейся азотной кислотой, и все атмосферные осадки, проходя через воздух, растворяют эти соли. Вследствие малого содержания этих солей и небольшой концентрации их растворов обе соли находятся в состоянии полной ионизации. При проникновении атмосферной воды в почву катион аммония вытесняет обменный кальций из поглощенного перегноем состояния и становится на его место. Перегной, утративший поглощенный катион кальция и поглотивший вместо него катион аммония, становится коллоидально растворимым в воде, и почва постепенно утрачивает свою прочность, начиная с поверхности. Наблюдение показывает, что в среднем всякая полевая почва в течение каждого вегетационного периода утрачивает прочность, а следовательно, и структуру на среднюю глубину 10 см. Этот же процесс дает полное объяснение всем известного явления, что грозовые дожди, даже если они не имеют характера ливня, так разрушительно действуют на утрату поверхностью почвы комковатой структуры.

Вытесненный из верхних горизонтов почвы катион кальция соединяется с свободными анионами тех солей, в форме которых притекал поглощенный катион аммония, — с анионами угольной и азотной кислот. Образующиеся две соли (бикарбонат окиси кальция и азотнокислый кальций) промываются в более

глубокие слои, и катион кальция, освобождающийся при ионизации азотнокислого кальция в более глубоких слоях почвы, вытесняет поглощенный перегноем катион аммония и придает почве прочность. Структура более глубоких горизонтов восстанавливается корневой системой культурных растений, разбивающих почву на комки. На этом основана необходимость один раз в вегетационный период производить так называемую *основную вспашку* полей, и очевидно, что основная вспашка должна производиться *осенью*, после уборки, т. е. так называемая *зяблевая* вспашка, и должна производиться *плугом, а не рыхлящим* орудием, так как цель основной вспашки — сбросить на дно борозды верхние 10 см утратившей прочность почвы и вывернуть на поверхность 10 см прочной структурной почвы. На этом основании *нормальной глубиной основной (зяблевой) вспашки общепризнаны* 20 см (10+10), и совершенно очевидно, что *мелкая основная вспашка, а тем более рыхление никакого производственного смысла не имеют.*

Третья группа процессов, определяющих утрату полевой почвой структуры, еще глубже захватывает самую причину и структуры, и прочности, и урожайности. Культурные растения требуют пищи в форме простых окисленных минеральных соединений при одновременном снабжении их максимальным количеством воды. Для этого мы поддерживаем в почве непрерывный аэробный процесс и структурное состояние. Аэробный процесс быстро, полно и неудержимо разрушает органическое вещество, и без этого условия нельзя создать необходимой обстановки для развития культурных растений. Но перегной, основа прочности структуры почвы, также органическое вещество, и совершенно очевидно, что перегной также разрушается аэробным процессом и почва лишается главной причины своего эффективного плодородия. Поэтому совершенно очевидно, что для поддержания эффективного плодородия почвы необходима система возобновления в ней запаса перегноя,

непрерывно разрушаемого при культуре сельскохозяйственных растений. Эта система носит название *системы земледелия* и сущность ее заключается в *устранении в почве антагонизма воды и пищи растений или в поддержании условий эффективного плодородия почвы*. Ясно, что *система земледелия* представляет центральное основное звено земледелия и только на этой базе возможно планомерное и рациональное развитие двух других систем, слагающих земледелие, — *системы обработки почвы*, регулирующей отношение ее к воде, и *системы удобрения*, регулирующей отношения почвы к элементам пищи растений.

РОЛЬ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА [6]

РЕЧЬ, ПРОИЗНЕСЕННАЯ В ПЛЕНАРНОМ ЗАСЕДАНИИ ВТОРОГО МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА ПОЧВОВЕДЕНИЯ В АКАДЕМИИ КРУПНОГО СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА 30 ИЮЛЯ 1930 ГОДА

Меня сильно смущает несоответствие оставшегося времени с большим объемом содержания моего доклада, который я постараюсь сократить до возможных размеров.

Почти полстолетия тому назад Василий Васильевич Докучаев первый положил основу почвоведению как науке; он первый усмотрел в почве не просто предмет, используемый человеком для извлечения важных материальных благ. Докучаев первый взглянул на почву как на природное тело, занимающее на поверхности земли место на равных основаниях с горными породами, минералами, растениями и животными. Природное тело. Тело, имеющее свою историю — возраст, развившееся и развивающееся под совместным влиянием материнской породы, атмосферы, климата, рельефа и организмов, населяющих почву. Не могло оставаться чуждым Докучаеву и утилитарное значение почвы в жизни человечества; он пытался, изучая почву как естественно-историческое тело, подойти и к выяснению основы ее утилитарного значения — пытался установить и природную классификацию плодородия почвы.

Широкий размах докучаевского воззрения на почву как на природное тело объединил вокруг нового взгляда плеяду ученых, создал докучаевскую школу почвоведения. Нельзя не отметить крупной заслуги школы Докучаева. Она изучила географию распределения почв на одной шестой части земного шара и накопила огромный материал, давший возможность суждения о причинах зонального распределения почв.

Но в своем увлечении широкими территориальными исследованиями невольно оторвалась докучаевская школа от производства и, как неизбежное следствие увлечения шириною захвата изучаемого объекта, в жертву широте была принесена глубина и разносторонность. Та разносторонность, которою Докучаев завоевал почвоведению видное место среди других естественных наук. Широкий, полноводный поток докучаевского почвоведения разбился на многочисленные ручьи, связанные между собою только общностью своего мощного источника. Каждый ручей нес в себе отражение одного из элементов докучаевского почвоведения, но ни один не отражал почвы как природного тела.

Отражалась связь почвы с минералами, входившими в состав горных пород, из которых произошел материнский рухляк, на котором развилась почва. Ясно было, что не могли остаться без влияния на почву и те процессы переноса и перераспределения элементов рухляка горной породы, которые характеризуют процессы денудации поверхности земли. Нашли свое отражение и внешние морфологические признаки — цвет, характер структуры, мощность и строение горизонтов. Отразился и прежний агрикультурхимический взгляд на почву как на арену чисто химических процессов. Пытались найти себе отражение и еще не приведенные в строго научную систему факты, завоеванные учением о коллоидальном состоянии вещества. Только едва отразились завоевания микробиологии, и изучение влияния организмов замкнулось в узкие рамки геоботаники или в изучение следов работы роющего животного населения почвы.

Широкие территориальные работы твердо установили факт зональности распределения так называемых почвенных типов, и приблизительная параллельность почвенных зон географическим широтам навела на мысль о причинной связи этих двух явлений и заставила искать непосредственной связи свойства почвенных типов с количественной выраженностью современной степени условий увлажнения. Такое представление послужило к установлению взгляда на почву и на все ее свойства как на функцию современных климатических условий, в которых пребывает почва, — условий, понимаемых преимущественно в смысле степени увлажнения. Принявшие этот взгляд не обратили внимания на то, что его принятие знаменует полный разрыв с принципом *возраста* почвы, заставившим Докучаева признать почву «естественно-*историческим*» телом и послужившим стимулом к приобщению почвоведения к категории естественно-*исторических* наук. Исчез элемент эволюции, и динамическое почвоведение Сибирцева приняло оформление статического описания современных морфологических признаков почвы и вылилось в многочисленных попытках классификации почв на основе статики их современных признаков и современного положения.

Понятен и глубокий разрыв между автоматически создавшимся статическим почвоведением и сельскохозяйственным производством. Морфологические особенности почвы не несут в себе никаких признаков перспективы, так как они могут обособиться как в порядке прогрессивного развития, так и регрессивного, между тем производству жизненно необходимо быть точно осведомленным, прогрессирует или регрессирует та производительная сила, которая лежит в его основе. Взгляд на свойства почвы как на функцию современных климатических условий также может навести производство лишь на лишенную перспективы мысль, что единственный способ изменения напряжения производительных сил, лежащих в его основе, это безнадежный путь изменения климата.

В особенно ярком свете сказалось бессилие морфологического статического почвоведения в попытках внести в территориальные обследования почвенного покрова так называемый комплексный метод обследования, при котором участвуют в обследовании почвовед, геоботаник и экономист. В работу геоботаника и экономиста входила задача пролить свет на те элементы почвы, которые одни только и могли интересовать производство и выливались в комплексное свойство ее плодородия. Но что могли дать геоботаники и экономисты как соработники статического почвоведения? Ботаник мог только констатировать современное состояние природной растительности, не проливая никакого света на условия, ее породившие, и единственным намеком на процесс эволюции было проскальзывающее иногда признание некоторых растений реликтными. Экономист мог только подтвердить твердо установившийся у местного населения взгляд, что при неизменности господствующих приемов хозяйства вся гамма почвенных разностей данной территории укладывается в рамки определенных степеней урожайности от максимальной до минимальной и что порядок расположения почв может подвергаться сильным изменениям в зависимости от наличных комбинаций природных факторов и в зависимости от качеств хозяйства и хозяина.

Почти одновременно с ярким обособлением докучаевской школы почвоведения зародились и элементы противоположного направления, родоначальником которого нужно считать не менее мощную интеллектуальную силу — Павла Андреевича Костычева.

Нет принципиальных различий во взглядах на объект своего изучения у этих двух школ. Разница только в методе изучения, в подходе к изучению. Докучаевская школа пошла по пути изучения почвы как природного тела, без отношения к ее производственному использованию, и усвоила себе название педологии. Школа Костычева пошла по пути производственного уклона в изучении того же природного тела, и за

ней укрепилось второе название почвоведения — агрологии, которое часто почвоведы-педологи произносили с оттенком иронии. Но дело не в словах, а в четком выявлении правильности принципа, положенного в основу направления школы.

Агрологическое направление изучения почвы нашло себе место в бывшей Петровской академии и с самого начала своего зарождения подверглось ожесточенному обстрелу с двух сторон. С одной стороны, почвоведы-педологи бросали постоянные упреки в слишком большой практичности взятого направления и в отрыве от чистой науки. С другой стороны, крупное частновладельческое хозяйство бросало упреки в слишком большой теоретичности взятого направления и в отрыве от практики.

Когда разоренное революционное гнездо Петровской академии сменилось Московским сельскохозяйственным институтом, еще сильнее стал двусторонний обстрел насмешливой иронии, с одной стороны, и наглой классовой неудовлетворенности — с другой. И только интуитивная надежда на наступление эры свободного труда делала радостным длинный путь революционного пересмотра всех основ науки, которая во всеоружии должна была лечь базой переустройства основной отрасли народного хозяйства.

Надежда сбылась, и после упорной борьбы за переустройство на новых, революционных началах возродившейся после Октября Петровской академии и обращения ее в Академию крупного социалистического сельского хозяйства имени К. А. Тимирязева тимирязевская школа почвоведов на прямой призыв производства могла дать прямой ответ — «мы готовы».

Неудовлетворительность разрешения школой почвоведов-морфологов большинства вопросов почвоведения как с точки зрения естественно-научной, так и со стороны возможности использования этих решений в производстве привела к необходимости пересмотра самих основ разрешения этих вопросов путем диалектического их анализа, так как было очевидно, что невозможно разобраться путем применявшейся до сих пор фор-

мальной логики в сложном комплексе взаимно интерферирующих процессов.

Прежде всего возник вопрос о причинах неудовлетворенности практики научным направлением развивающейся школы. Анализ очень скоро показал глубокое расхождение во взглядах на практику. Школа агропочвоведения разумела под практикой умение использовать производительные силы почвы для обслуживания производства. Крупное помещичье землевладение понимало под практикой умение эксплоатировать труд окружающего населения. Стало ясно, что примирить эти две точки зрения нельзя, и не менее ясной была и несовместимость второй точки зрения с понятием о науке и научной школе.

Вторым вопросом было разногласие во взглядах двух школ на подход к изучению почвы. Он получил не менее четкое разрешение. Всякое производство основано на использовании существенного свойства того природного или искусственного объекта, который служит основой работы каждого цеха производства. Объектом цеха земледелия служит почва, и существенное свойство ее, подвергающееся воздействию с целью количественного его изменения, — ее плодородие. И то же плодородие представляет существенное свойство, по которому почва выделяется в отдельную категорию природных тел, способных служить базой для синтеза органического вещества зелеными растениями. Это свойство может проявляться в различном количественном выражении, но независимо от своего количественного выражения плодородие представляет качество — существенное свойство, и при его отсутствии перестает существовать и самое понятие о почве — мы тогда говорим о горной породе, о бесплодном камне.

Изучая сельскохозяйственное производство во всей широте его распространения во всех природных зонах и всего его исторического развития, мы получаем отчетливое и ясное указание на те моменты, количественное изменение которых влечет за собою явления прогрессивного развития или затухания основ-

ной базы производительности труда — плодородия почвы — в его конкретном выражении — урожайности почвы.

Эти моменты прогрессивного и регрессивного развития плодородия почвы и представляют центральные моменты эволюции почвы, и только анализ динамики их изменения и его причины может дать все элементы, характеризующие генезис почвы и се эволюцию.

Ясно, что постановка основного вопроса производственного подхода к изучению почвы, вопроса производительности труда в сельскохозяйственном производстве, в части его, определяемой плодородием почвы и перспективой его развития, могла стать предметом конкретного разрешения только после четкого выявления моментов эволюции самого плодородия — самой почвы. Кроме того, сама постановка этих вопросов при господствовавших социально-политических условиях не имела никакой реальной почвы и продолжала быть утопией и после Февральской революции. Ясно было только, что мы должны быть всегда готовы.

Производственный подход к изучению почвы, единственно диалектически правильный, потребовал большой работы. Начатый П. А. Костычевым в его блестящем классическом анализе процессов, протекающих в перелоге и приводящих к обращению выпаханной полевой почвы вновь в состояние целинной степи, этот анализ должен был захватить все моменты, принимающие участие в процессе почвообразования.

Нужно было установить возможность существования сложного комплекса так называемых основных «законов» минимума, максимума и оптимума и неизбежного вывода из их соотношений — закона убывающего плодородия почвы со всеми пессимистическими выводами из него. Диалектический анализ опытных доказательств наличности этих законов сразу показал причины несостоятельности таких законов, принципиально противоречащих математическому представлению о процессе. Было доказано с неопровержимой очевидностью, что эти законы пред-

ставляют неизбежное следствие несоблюдения основного математически ясного закона равнозначимости всех элементов или факторов процесса, который и лег в основу количественной регуляции всякого процесса и всякого производства, как комплекса процессов. Факт ограниченности всех элементов на земной поверхности заставил ввести уже выявленное понятие об ограничивающем факторе.

Не меньшей противоположностью по отношению к воззрениям другой школы отличались и результаты диалектического анализа и процессов изменения горной породы под влиянием атмосферы и приведения их в соответствие с законами химии и с выводами учения об истории земли. Подобный анализ заставил окончательно отказаться от признания возможности осуществления при термодинамических условиях земной поверхности таких процессов, которые осуществимы лишь при условии повышенного давления или повышенной температуры и которые геология относит к процессам глубинным или имеющим весьма малое относительное значение на земной поверхности — процессам контактного метаморфоза. В еще меньшей мере допустима возможность образования новых соединений водных алюмосиликатов или цеолитообразных соединений в условиях непрерывности осуществления геологического круговорота воды, уносящей все растворимые в атмосферной воде продукты выветривания, и в отсутствии которого неосуществимо само химическое выветривание. Этот процесс образования новых минералов из продуктов необратимого процесса выветривания алюмосиликатов — процесс диагенезиса — осуществим исключительно лишь при условии повышенного давления или высокой температуры, то-есть это процессы или глубинные, или контактного метаморфоза. В такой же мере неосуществимы и процессы воздействия катиона водорода природной воды на элементы выветривающейся горной породы по той простой причине, что ни в кислых, ни в основных алюмосиликатных горных породах вне узких пределов зоны контактного метаморфоза не

содержится абсорбционных соединений, на которых могло бы проявиться действие катиона водорода, а есть только изоморфные смеси настоящих молекулярных солей кремневой и алюмокремневой кислот. Таким образом, мы принуждены рассматривать почвообразующий рухляк сложного выветривания горных пород как смесь разнородных по измельчению элементов, совершенно инертных в химическом отношении при термодинамических условиях земной поверхности. Элементы этой смеси способны лишь к проявлению необратимых явлений перехода из состояния коллоидальной дисперсности в состояние порошка аморфного тела — суспензоида.

Коллоидально измельченные элементы этой смеси способны к проявлению процессов адсорбции только в одном направлении поглощения катионов ионизированных растворов солей. Значение коллоидов, в состав которых входят элементы амфотерного характера, вполне погашается господством в природной обстановке отрицательного заряда всех неживых элементов земной поверхности.

Резкое несовпадение природных свойств материнских пород, подстилающих почвы Союза ССР южнее дерново-подзолистой зоны, заставило пересмотреть основания господствующего объяснения их генезиса, как экзотического эолового наноса. Полнейшее несовпадение всех существенных свойств, которые должны были нести отложения, определяемые их характеристикой тремя терминами, с их природными свойствами заставило категорически отказаться от красивой гипотезы их эолового происхождения и признать их за чрезвычайно типичные ледниковые отложения.

Признание почвообразующих пород южных зон ледниковыми отложениями нашло себе полное подтверждение в установлении полного согласия четырех ярусов погребенных почвообразующих пород, разделенных соответствующим числом погребенных почвенных горизонтов с таким же числом погребенных алюмосиликатных и лёссовидных морен более северных зон.

Анализ свойств почвообразующих пород Европейской части Союза установил наличность трех разностей моренных отложений — кислой алюмосиликатной морены, морены карбонатных пород и морены пермских пестрых мергелей.

Широтное распределение трех типов морен и закономерность распределения тех же трех типов по различным ярусам погребенных почвообразующих пород не находили себе объяснения в господствующих взглядах на постплиоценовое оледенение. Несомненная повторяемость оледенений во всех геологических эпохах, начиная, повидимому, с девона, заставила критически пересмотреть вопрос о причинах оледенения в связи с новыми фактами. В результате пересмотра пришлось понятие об оледенении с наступлением и отступлением материкового льда признать относительно кажущимся движением и заменить его понятием о двух полярных областях холода, определяемых наклоном оси суточного вращения земного шара к плоскости эклиптики. Явления нутационного движения оси суточного вращения земли давало четкое объяснение непрерывности изменения широтной границы этих областей и явлению несовпадения полюсов вращения и полюсов холода. Момент отставания термических явлений на земной поверхности от их причин не только освещал факт существования нескольких полюсов холода, нескольких глубоких горизонтов вечной мерзлоты и несоответствия случаев присутствия вечной мерзлоты с современными климатическими условиями, но и заставил признать существование непрерывного пути обращения полюсов холода приблизительно в широтном направлении вокруг полюсов вращения по геометрическому следу нутации и в том же направлении. Существование явления предварения равноденствия не могло быть объяснено иначе, как наличностью еще одного движения массы земли независимо от суточного ее движения и при сохранении величины среднего наклона оси этого движения к плоскости эклиптики и при нутационных колебаниях этого наклона. Средний период этого вращательного движения

массы земли обнимает период в 90 000 лет, и оно совершается в направлении с северо-запада на юго-восток. Вследствие этого движения массы земли каждая точка поверхности земли поочередно пройдет через южную и северную полярные области холода в направлении с северо-запада к юго-востоку, что создаст иллюзию наступания и отступания материкового льда в направлении, обратном истинному движению массы земли. Понятно, что под влиянием явления нутации будет сильно изменяться и расстояние прохождения всякой точки поверхности земли от постоянно меняющегося положения полюсов холода, что и повлияет на различную степень выраженности периодов оледенения. Такая концепция вполне удовлетворительно в первом приближении объясняет и повторяемость этих оледенений, начиная с того времени, когда состояние термических условий земной поверхности могло допустить обособление климатических зон, и широтное и долготное распределение морен различных типов и стирает принципиальность разницы между ледниками гренландского и альпийского типа, внося в эти понятия новые элементы динамики. Вместе с тем ясной становится и причина ненахождения конечных морен в тех областях, где их можно было ожидать при прежнем взгляде на причины оледенения, и выход на поверхность земли огромных массивов кислых алюмосиликатных метаморфических пород в феноскандинавско-олонецкой и североамериканской гранитных областях без нахождения вблизи этих массивов следов огромных толщ осадочных пород, которые должны были перекрывать массивы гранита до их обнажения.

Еще бо́льшей затраты труда и времени потребовало установление остававшегося в тени участия в процессе эволюции существенного свойства почвы — ее плодородия — биологических элементов земной поверхности. Уже общий диалектический анализ неопровержимо показал, что мертвые абиотические процессы всего сложного комплекса процессов выветривания и денудации ни в какой мере не могут служить основа-

нием эволюции элементов плодородия почвы — прочности большого запаса воды и упрочнения избирательной способности почвы только по отношению к элементам пищи растений, и что оба равнозначные элемента плодородия почвы могли зародиться в рухляке горной породы только под влиянием эволюции растительного покрова рухляка и путем прогрессивной эволюции развиться в нем до степени максимального проявления — до обращения бесплодного рухляка в плодородную почву. И также ясно стало, что путем регрессивной эволюции того же покрова может осуществиться процесс деградации почвы до состояния мертвого рухляка с совершенно затухшими элементами плодородия. Тот же диалектический анализ показал, что причины, определяющие диаметрально противоположные направления прогресса или регресса эволюции элементов плодородия почвы, представляют функциональные следствия того же процесса эволюции растительного покрова и что причина процесса порождает следствия, которые по мере накопления обращаются в причину, погашающую самый процесс. Очевидно, что изучение этих процессов развития и эволюции растительного покрова способно открыть пути воздействия на количественное выражение плодородия почвы — производственный подход к выбору моментов изучения даст и производственно ценные результаты.

Так как сельскохозяйственное производство по существу представляет регулированный биологический круговорот элементов пищи растений на земной части пути геологического круговорота воды, то, очевидно, одинаково детальному изучению должны были подлежать оба элемента, слагающие динамику этого круговорота. Должны были быть изучены как эволюция элементов, синтезирующих органическое вещество, так и эволюция элементов, разрушающих органическое вещество.

Три высшие наземные растительные формации — деревянистая, травянистая луговая и травянистая степная, к которой

принадлежат и все однолетние культурные растения, отчетливо комбинируются в симбиотические комплексы с микрорастительными формациями грибов, анаэробных бактерий и аэробных бактерий, и за этими симбиотическими комплексами высших и низших растений и были закреплены названия растительных формаций: деревянистой — как комплекса преобладающих деревянистых растений и грибов, луговой — как комплекса преобладающих травянистых растений, отмирающих в начале зимы, и анаэробных бактерий, и степной растительной формации — как комплекса преобладающих травянистых растений, отмирающих летом, и аэробных бактерий.

Исследование динамики процессов смены представителей высших членов одной растительной формации членами другой не только выявило строгую согласованность всего процесса эволюции одной растительной формации в другую с принципом Дарвина, формулированным им как выживание наиболее приспособленного, но и вскрыло все разнообразие пластичности свойства приспособляемости растительной группировки в его конечном стремлении удержать элементы своей пищи в пределах ареала своего местообитания. Смена размножающихся семенами деревянистых растений деревьями, размножающимися побегами от пня, позволяющими им использовать более глубокие толщи материнской породы вместо исчерпанных первыми поверхностных горизонтов. Смена этой категории лесных деревьев с положительным геотропизмом корней деревьями болотного типа с отрицательным геотропизмом их корневой системы. Неизбежное появление корневищевых злаков и бобовых с их автотрофной корневой системой во время фазы природного осветления леса. Накопление корневищевыми травянистыми новых свойств материнской породы, благоприятных развитию травянистых и, благодаря накоплению моментов, определяющих нарастание обоих элементов плодородия почвы, и обособление поэтому дернового горизонта, приводящих к отступлению леса по направлению к отступающему леднику.

Столь же неизбежная смена корневищевой флоры лесного луга рыхлокустовой флорой злаков настоящего луга с его бурным прогрессивным развитием водного и пищевого режима дернового горизонта, благодаря обособлению его комковатой структуры и ее прочности вследствие совместного и одновременного сосуществования условий аэробиозиса и анаэробиозиса и переносу элементов зольной пищи, накопленных лесом в рудяковом горизонте, в дерновый горизонт глубокими корнями рыхлокустовых злаков. Заполнение всего дернового горизонта мертвыми органическими остатками и аморфным перегноем, как следствие отмирания растений луговой формации в начале зимы, и поэтому прогрессивное развитие условий анаэробиозиса. Смена флоры настоящего луга микотрофной флорой болотистого луга и обособление горизонта мертвого органического вещества выше горизонта минеральной почвы и появление деревянистых растений как следствие уменьшения доступной корням травянистых микотрофных глубины дернового горизонта. Поселение деревянистых растений вызывает появление разнотравия и сначала зеленых и далее сфагновых мхов, как неизбежное следствие обеднения элементами зольной пищи растений, выносимыми деревянистыми растениями на поверхность почвы и не могущими полностью вновь проникнуть в массу почвы, переполненную органическим веществом. Это и вызывает появление мхов, не обладающих бесполезной для них корневой системой, и у которых совмещены абсорбционная и ассимилирующая системы. Так эволюционирует болото на кислой алюмосиликатной морене. Важным выводом из этой серии исследований было установление совершенно новой точки зрения на причины образования болот. Исследования показали, что образование болот, понимаемых как скопление мертвого органического вещества выше поверхности минеральной почвы, представляет следствие прогрессивного обеднения элементами зольной пищи растений, и присутствие воды в массе болота есть простое следствие огромной влагоемкости мертвого орга-

нического вещества. Ясно стало, почему дерновый процесс быстро достигает своей конечной стадии развития — сфагнового болота на водоразделах, области рельефа, которая получает наименьшее количество воды и с которой почвенная вода быстрее и легче всего стекает. Под влиянием того же основного элемента — богатства пищей растений — резко изменяется быстрота течения эволюции дернового процесса на различных типах морены. Насколько быстро наступает болотная стадия дернового периода на бедной алюмосиликатной морене, настолько длительна луговая стадия на моренах карбонатной и пермской. Если на кислой алюмосиликатной морене водораздельное болото неизбежно достигает момента отмирания своего биологического покрова и с этого момента подвергается неизбежному термическому выветриванию, давая начало образованию тучных горовых черноземов, черноземов склонов и черноземов долин, то на двух других разностях морены этот переход идет другим порядком. На богатых карбонатной и особенно пермской морене разложение богатой элементами золы растительности идет настолько энергично, что и развитие луговой флоры злаков вследствие своей интенсивности быстро угнетает размножающиеся семенами широколиственные леса, сменяющиеся болотным деревом, размножающимся от пня — березой. Обособляется сначала березовая степь, почва которой эволюционирует в обыкновенный чернозем. Наступление черноземной стадии дернового периода знаменует почти полное уничтожение леса и постепенное обособление элементов степного климата. Оно ярче всего выражается в прогрессирующей неравномерности увлажнения — огромная влагоемкость почвы, переполненной органическим веществом, мешает быстрому проникновению в нее осадков, стекающих по поверхности и размывающих ее. Вместе с тем мощный растительный покров луговой степи быстро расходует запас воды, и постепенно обособляется период летней засухи. С постепенного надвигания этого момента начинается столь же постепенное исчезновение элементов луговой флоры,

отмирающей лишь с наступлением зимы и вследствие этого определяющей накопление в почве органических остатков и перегноя. Не менее постепенно усиливается численность элементов степной флоры, отмирающей летом с наступлением периода засухи. Отмершие летом подземные части степной флоры подвергаются аэробному разложению, протекающему быстро и полно, с обращением всех элементов органического вещества в окисленные минеральные соединения. Периоды образования молекулярных растворов в дерновом горизонте все расширяются, и вся совокупность нарастающих условий неизбежно вызывает комплекс новых явлений и процессов. Начнет затухать и, наконец, прекратится процесс накопления органического вещества в дерновом горизонте. Наоборот, начнет прогрессивно развиваться процесс полного разрушения ежегодно прирастающего органического вещества, и в этот процесс вовлекается и ранее накопленное почвой органическое вещество — начнется прогрессивно нарастающий процесс деградации почвы. Все нарастать будет в почве содержание минеральных солей; на основе их будет прогрессивно возрастать количество весенних и осенних эфемеров. Из не усвоенных эфемерами и степной флорой минеральных соединений кремневая кислота быстро перейдет в нерастворимую форму и в виде таковой осядет на комках дернового горизонта в форме так называемой присыпки. Карбонат и сульфат кальция будут легко вымываться нисходящим током, но ввиду их неспособности подниматься с восходящим волосным током почвенной воды они начнут образовывать все прогрессирующий горизонт скопления карбоната кальция и горизонт скопления гипса. Часть карбоната кальция останется в виде кислой соли во всей массе дернового горизонта и обусловит его вскипаемость. Количество легко растворимых и неусвояемых растениями солей одновалентных металлов все будет расти, обусловливая нарастание соленосности или солончаковатости почвы. Одновременно одновалентные катионы все более будут вытеснять по-

глощенный катион кальция. Лишенный поглощенного кальция перегной все более теряет прочность и во все большем количестве переходит в присутствии воды в состояние коллоидального раствора. Рассыпчатая комковатая структура обыкновенного и тучного чернозема, в которых прочные комки соединялись между собою только остатками корней, начинает все более переходить в слитную, со слипшимися комками. Обособляются признаки южного чернозема, который в пониженных элементах рельефа все в большей мере приобретает признаки и свойства черноземного солонца, совершенно лишенного прочности структуры. С течением времени вновь зародившиеся процессы прогрессивно возрастают, и ясно, что противоположные им процессы, прогрессивно развивавшиеся во время стадии дерновой, переходят в направление регрессивного развития. Почва начинает деградировать под покровом степной растительной формации. Разрушено органическое вещество, почва обратилась в бесструктурную массу, обладающую только агрегатностью под влиянием гидролитической диссоциации бикарбоната кальция, циркулирующего в почве. Вся масса зольных элементов, входивших в состав разрушенного органического вещества, освободилась в форме минеральных солей, медленно передвигающихся по массе почвы в пониженные элементы рельефа, где они обусловливают образование солончаков, соленых и горькосоленых озер. Бесструктурная агрегатная почва обладает ярко выраженным водным режимом — вода атмосферных осадков проникает в нее только волосным током прогрессивно замедляющейся скорости, вследствие чего в массу почвы проникает не более одной трети выпавшего дождя, остальное стекает по поверхности почвы. Тотчас по прекращении дождя начинается испарение с поверхности почвы, вызывающее восходящий волосной ток всей массы воды, проникшей в почву. Этот ток отличается ускорительным движением. Вследствие этого на некоторой глубине обособляется горизонт породы равномерной минимальной влажности в течение всего

года, и все реки, берущие начало в пределах области господства степных почв, лишаются питания грунтовыми водами и пересыхают, служа лишь путями стока весенних снеговых вод и летних пролювиальных потоков. Реки обращаются в балки, обладающие всеми признаками реликтных речных долин, в том числе и тремя или четырьмя ледниковыми террасами. Остаются лишь реки, истоки которых лежат в областях современных ледников или в областях, несущих покров лесов, водораздельных болот и структурных почв.

Таким образом сложилось воззрение на почвообразовательный процесс, как на единый, грандиозный по протяженности во времени и пространстве процесс воздействия на материнскую породу биологических элементов суши, в правильной ритмической повторяемости проходящий по всей территории земной суши от полюса до полюса. Современные почвенные зоны представляют как бы диалектические скачки, в которых с наибольшей отчетливостью выявляются отдельные моменты апогея напряжения какой-либо стадии процесса, которые далее затухают в переходной зоне, в которой одновременно накапливаются мельчайшие количественные изменения, слагающиеся в прогрессивно нарастающий качественный скачок хронологически следующей зоны. Таким образом, ближайшие причины, обусловившие комплекс свойств и морфологических признаков почв каждой зоны надо искать путем диалектического анализа процессов хронологически предыдущей зоны. В этом и заключается принципиальное отличие тимирязевской школы динамического, эволюционного или диалектического почвоведения от современной докучаевской школы почвоведения, которая рассматривает почвенный покров всякой зоны со всеми его свойствами и морфологическими признаками, как функцию комплекса современных условий климата и других природных условий современного залегания почвы. Преобладание такого воззрения на почву совершенно лишает почвоведение той динамичности, которая должна быть присуща ему, как есте-

ственно-научной дисциплине. Воззрение же тимирязевской школы на почвообразовательный процесс ставит почвоведение на принадлежащее ему по существу место последней страницы истории земли.

Не представлялось возможности рассмотреть сложный клубок причин взаимоотношений категорий биологических элементов суши, определяющих течение почвообразовательных процессов без установления принципиальных основ, связывающих деятельность организмов, синтезирующих вещество, и организмов, разрушающих его. Эта задача сразу наталкивала на вопрос о перегнойных веществах, составляющих и по настоящее время «chemicorum crux et scandalum».

Нельзя было ни в какой мере согласиться с установившимся на перегнойные вещества взглядом, как на промежуточные продукты распада органического вещества, созданного зелеными растениями. Очевидно, что продукт распада должен быть молекулярно проще распадающегося тела, ибо в противном случае мы будем принуждены говорить о продукте синтеза. Также очевидно, что в продукте распада не может содержаться таких химических элементов, которых не было в распадающемся теле, иначе мы опять принуждены говорить о синтезе, а не о распаде. Наконец, опыт нас учит, что основное свойство промежуточных продуктов — это их неспособность накопляться в природных условиях своего образования. Поэтому мы в природе не встречаем залежей солей аммония или солей азотистой кислоты. Природные перегнойные вещества не отвечают этим условиям. Единогласный вывод всех работавших с перегнойными веществами, что они принадлежат к наиболее молекулярно сложным веществам, более сложным, чем сложнейшие продукты жизнедеятельности зеленых растений. Разложение безазотных углеводов всегда сопровождается образованием наиболее богатых азотом перегнойных веществ. Если представить себе количество перегнойных веществ, содержащихся в залежах каменных и бурых углей, в пластах торфа, перегноя

ключевых топей и черноземных почв, то станет очевидной способность перегнойных веществ скопляться в огромных массах. По всем свойствам перегнойные вещества могли быть сближены с тем порядком органических соединений, которые выделяются всяким гетеротрофным организмом для воздействия на элементы окружающей среды с целью их использования как источника энергии и как источника пищи — вещества порядка экзоэнзим. Такие вещества всегда являются продуктами синтеза организма, их выделившего, что и является причиной специфичности их связи с определенными категориями организмов, и совершенно четко отличаются от продуктов обмена веществ тех же организмов отсутствием прямой связи их с составом разрушаемого организмом органического вещества его энергетической базы или источника пищи. Эти вещества всегда отличаются чрезвычайной сложностью своего молекулярного состава и всегда значительным содержанием азота и, как окончательные продукты синтеза, отличаются способностью к накоплению. Они объединяются одним общим свойством с продуктами обмена веществ категории организмов, их выделивших, — они представляют специфические яды по отношению к категории организмов, их выделивших, и могут быть разрушены лишь организмами другой качественно отличной категории. Для идентификации принадлежности перегнойных веществ к группе биологических выделений гетеротрофных организмов надлежало доказать их токсическое влияние на выделившие их организмы, или, что то же, на затухание процесса разложения органического вещества, разрушаемого данной категорией организмов. Серия предварительных исследований в лабораторных условиях показала, что из числа перегнойных кислот, открытых еще Берцелиусом, три кислоты сопровождают три основные русла разрушения органического вещества низшими гетеротрофными растительными организмами: гуминовая кислота — аэробный процесс, ульминовая — анаэробный и креновая — грибной процесс разложения органического вещества;

апокреновая же кислота представляет продукт восстановления креновой кислоты кренатов анаэробными бактериями. Исследование и наблюдение этих процессов в лаборатории и природной обстановке во всех деталях подтвердили правильность предположительно принятой принципиальной точки зрения на перегнойные вещества почвы, которые, по мере их накопления в среде разложения, прекращали самый процесс, если так или иначе среда не обезвреживалась. Вместе с тем эта серия работы пролила яркий свет на суммарные результативные свойства трех процессов разложения органического вещества. При аэробном бактериальном разложении выделяется гуминовая кислота, и рядом и одновременно из азотсодержащих соединений, всегда присутствующих в природном органическом веществе, образуется аммиак. Каждое из этих образующихся веществ представляет интенсивный яд для аэробных бактерий, но, образуясь рядом, они неминуемо соединяются в нейтральную гуминовоаммиачную соль, не только безвредную для аэробных бактерий, но и служащую источником деятельности нитрозомонасу. При разрушении аммония гуминовоаммиачной соли освобождается гуминовая кислота, но при выделении каким бы то ни было процессом из своих солей гуминовая кислота всегда выделяется в абсолютно нерастворимом в воде состоянии в форме гумина по терминологии Берцелиуса. Гумин — денатурированная форма гуминовой кислоты — настолько безвреден, как индиферентное тело для аэробных бактерий, что служит одним из лучших источников их азотного питания и нацело ими разрушается. Поэтому и весь комплекс аэробного процесса отличается своим характерным и существенным суммарным результативным свойством — он протекает энергично, быстро и оканчивается полной минерализацией всех элементов органического вещества. При анаэробном и грибном процессе во внешнюю среду свободного аммиака не выделяется. Этим моментом и определяются особенности названных процессов. Анаэробный процесс протекает в сосредоточенной массе орга-

нического вещества, в которой движение воды вследствие огромной влагоемкости его почти не осуществляется. Поэтому процесс анаэробиозиса вскоре после его начала прекращается. Ульминовая кислота так же, как и гуминовая, способна денатурироваться под влиянием замерзания и кипячения ее растворов, высыхания их, возраста и выделения их солей. Вследствие этого после каждой зимы весной вновь начинается анаэробный процесс, неизменно затухающий в начале лета. В широтах или условиях, где не происходит замерзания, денатурация ульминовой кислоты происходит под влиянием ее возраста с большой медленностью, и сам процесс анаэробного разложения течет очень вяло. Поэтому и суммарные — результативные свойства анаэробного процесса диаметрально противоположны тем же свойствам аэробного процесса. Анаэробный процесс в природных условиях протекает медленно, он никогда не заканчивается, и в конечном его результате всегда остается большая часть неразрушенного органического вещества и накопляется прогрессивно возрастающее количество аморфного перегноя. Креновая кислота, спутник грибного разложения, в природных условиях выделяется при разложении остатков деревянистых растений, совершенно не доступных бактериальному разложению вследствие содержания трудно растворимых дубильных веществ, и при микотрофном питании грибницей микоризы. Креновая кислота сама легко растворима в воде, все ее соли без исключения легко растворимы в воде, и она неспособна денатурироваться ни при каких условиях. Совершенно очевидно, что единственный путь обезвреживания среды от ее присутствия — это вымывание ее нисходящим током воды. Анализ условий водного режима леса, как растительной формации, показывает, что присутствие горизонта лесной подстилки на поверхности почвы и горизонта всасывающих корневых окончаний деревьев на глубине 70—100 см создает такое положение разницы потенциалов влажности, которое должно вызвать существование непрекращающегося нисходящего

тока воды, беспрерывно уносящего креновую кислоту. Как только нарушаются эти условия и удаление креновой кислоты становится неосуществимым, так тотчас начинается накопление неразлагающихся остатков деревянистых растений, что мы и видим в междюнных лесных болотах и в их полных аналогах — залежах каменного угля, состоящего из остатков древовидных плаунов, сигилярий, древовидных папоротников и саговых.

Предварительные исследования показали, что количество перегнойных кислот, образующихся в единицу времени в массе почвы, крайне ничтожно и что не удастся увеличить их выход путем концентрации почвенной микрофлоры. Необходимость увеличения для этой цели в почве количества органического вещества — источника энергии и пищи микрофлоры, неизбежно изменяя условия жизни в почве, вызывавшие появление иных категорий не только гетеротрофной микрофлоры, но и автотрофной микрофлоры, фауны и микрофауны и хемотрофных бактерий, затемняла и осложняла и без того сложную картину. Пришлось пойти в ином направлении, избрав путь больших навесок, величина которых колебалась от 8 000 до 10 000 кг. Этим путем было собрано достаточное количество всех четырех кислот или их солей, чтобы изучить их отношения к основным категориям процесса разрушения органического вещества. Попутно были достигнуты результаты, не имеющие прямого отношения к предмету исследования и только поселившие уверенность в том, что в области перегнойных веществ можно говорить об определенных химических индивидуумах, способных кристаллизоваться. В период гражданской войны, когда лаборатория осталась в течение почти месяца без отопления, растворы перегнойных кислот и их солей замерзли, и препараты гуминовой и ульминовой кислот перешли в большей части в денатурированное состояние. Остались препараты креновой кислоты, не способной к денатурации, и препараты апокреновой кислоты, кристаллизующиеся из 30%-ной соляной кислоты.

Это обстоятельство задержало чисто химическое изучение природы этих перегнойных веществ, но не повлияло на выявление их главной — биологической роли в определении существенных результативных свойств трех категорий разложения мертвого органического вещества.

Октябрьская революция автоматически подвела реальную — конкретную базу под те области приложения выводов теоретического почвоведения, которым при господствовавшем землевладении суждено было оставаться в области утопических мечтаний. Социализация земли заменила понятие о землевладении кристально ясным понятием о землепользовании. За время сорокалетнего развития на основе производственного подхода к изучению почвы как природного тела, или, вернее, комплекса процессов, тимирязевская школа почвоведения накопила настолько большое число количественных различий, что при изменившихся условиях мог осуществиться переход их суммарной значимости в качественное различие. Мог совершиться неизбежный диалектический скачок перехода потенциальной суммы разрозненных положений в динамический комплекс действенной науки, настолько мощной, чтобы оказаться в состоянии лечь в основу переустройства основного производства полуторастамиллионного добровольного союза граждан советских республик, основного производства, потому что продукт его представляет незаменимый единственный источник жизненной энергии человечества, — производства, которому должна быть обеспечена возможность непрерывного прогрессивного развития, иначе оно ляжет непреодолимым препятствием на пути прогресса всего человечества. Продукт, который в столь же полной мере не может быть объектом индивидуальной или классовой собственности или спекуляции, как и воздух. Продукт, который в жизни человечества имеет только одно принципиальное отличие от воздуха, то, что для его создания необходима затрата определенного количества труда — работы, источником которой является тот же продукт.

Ясно, что центральным вопросом всего производства является производительность труда в нем, которая одна только может обеспечить переход производства из состояния потребительского в продуктивное, и не менее ясно было, что в трудовом бесклассовом Союзе Советских Социалистических Республик вопрос производительности труда должен быть руководящим лозунгом при разрешении всех вопросов организации всякого производства. Настолько ясно, что максимальная производительность труда должна лечь в основу генерального перспективного плана, регулирующего соотношения темпов прогрессивного развития всех элементов народного социалистического хозяйства, без которого оно лишится своего существенного свойства — плановости, и выработка которого составляет основную задачу основного планирующего органа — Союзного Госплана, — настолько ясно, что у отдельных наркоматов не может быть отдельного сепаратного плана, и на их обязанности лежит лишь тактика выполнения общего плана, выработанного при их непосредственном участии.

Каковы бы ни были требования согласованной плановости и тактики ее проведения в условиях места и времени, требование максимальной производительности труда остается величиной постоянной. Величина или степень производительности труда измеряется отношением количества первичного материала производства, воплощенного в его продукт, к количеству того же первичного материала, затраченного в производстве, и отношением к последней величине количества того же материала, воплощенного в отбросах производства.

Если взять простое отношение полезной продукции основного цеха сельскохозяйственного производства — растениеводства — к его отбросам — соломе, мякине, ботве, корневым остаткам, то оно равно приблизительно 1:3, то-есть на 25% полезной продукции приходится 75% отбросов. Если же отнести эти количества к количеству усвоенной растением солнечной энергии, то оно выразится в 12,5% полезной продукции

и 87,5% отброса. Другими словами, коэффициент полезного действия основной машины растениеводства — зеленого растения — приблизительно равен 12,5%, и такова же и производительность труда в этом цехе. Поэтому важным элементом производства является второй его цех — животноводство, обращающий 25% отбросов растениеводства в полезный продукт и оставляющий остальную часть в виде отбросов — навоза. Этот последний может быть разрушен только в третьем цехе — земледелия — для возвращения элементов пищи растений вновь в цех растениеводства.

Очевидно, что продуктивность труда в сельскохозяйственном производстве будет определяться двумя главными моментами — абсолютной величиной полезной продукции растениеводства, так как количество энергии, затрачиваемое на обработку почвы, ни в какой мере не определяется величиной урожая и часто эти величины находятся в обратном отношении, и степенью полезной продуктивности животноводства. Этим определяются роль и объем заданий третьему, неразрывному с двумя предыдущими цеху — земледелию. Его конкретные задачи сводятся к поддержанию в состоянии прогрессивного развития плодородия почвы как существенного ее свойства, на использовании которого как производительной силы основано все производство. Полезная продуктивность животноводства не может быть осуществлена в отсутствие зеленой — витаминной — кормовой базы, и поддержание плодородия почвы этой зеленой кормовой базы, дающей сухие и сочные зеленые корма, представляет также прямую задачу земледелия. Не менее важною задачей представляется и обязанность земледелия способствовать снабжению работников земли и фабрики не только источником их жизненной энергии — пищей — и источником материала для регуляции расхода энергии — одеждой, но и средством поддержания их жизненной энергии в необходимой степени напряженности, определяющей степень их здоровья и самочувствия и степень их работоспособности, — витаминным

питанием — овощной и плодовой продукцией. Обобщая все вышесказанное, мы придем к выводу, что все производственные задания земледелию сводятся к организации ряда систем мероприятий, общая конечная цель которых состоит в создании условий максимальной производительности труда в сельскохозяйственном производстве путем приведения элементов плодородия почвы в динамическое состояние непрерывного прогрессивного возрастания до предела, определяемого ограничивающим фактором. Роль такого фактора при современном состоянии наших знаний играет способность наших культурных растений поглощать определенную гамму лучей спектра солнечного света и преобразовывать их в потенциальную энергию химического сродства, сдерживающего в одном комплексе молекулы органического вещества, элементы пищи зеленого растения. Нет никаких научно обоснованных данных утверждать, что предел в этом отношении достигнут, и вся история развития биологических элементов поверхности земли ясно подтверждает закон выживания наиболее приспособленного, или, другими словами, отмирания менее приспособленного, и понятно, что регрессирующий тип организмов не может проявить признаков прогрессивного развития; признаки этого порядка могут проявиться только в организме нового назревающего типа, который мы заметим только после его диалектического скачка, когда ничтожные количественные изменения эволюционирующих свойств сложатся в качественные различия. В этом и заключается сущность эволюции. Как нельзя из ретроспективного анализа прошлого сделать формального прямого вывода о перспективе будущего, так нельзя прилагать к утопически-оптимистическим выводам диалектического мышления мертвой мерки пессимистических выводов метафизической логики. Это построения разных порядков: они несоизмеримы.

Нельзя на фоне паровой системы земледелия применением одних только приемов агроминимума, механизации и индустриализации достигнуть повышения урожайности — кон-

кретного выражения плодородия, восходящего далеко за пределы 100%. Можно лишь подойти к порогу, отделяющему потребительское хозяйство от продуктивного производства. Применение агроминимума, механизации и индустриализации — это тактика подхода к осуществлению плановых предначертаний в условиях настоящего мгновения, это сознательный процесс накопления количественных изменений. Но чтобы перейти к осуществлению самого принципа прогрессирующей перспективы планового начала, чтобы осуществить принцип социалистического хозяйства, нужно совершить и диалектический скачок перехода к качественному различию — травопольной системе земледелия, ибо только на ее фоне мыслимо достижение перспективы плановых заданий, выполнение которых требует повышения современной урожайности почв Союза на величину порядка 1000%, а если выразить эту величину в процентах повышения производительности труда, то получится величина порядка 10 000%.



ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОНОМИЯ [7]

В ЧЕМ СУЩНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ ПОЧВЫ

(Мысли, навеянные V Всесоюзным съездом почвоведов в Москве)

Сельское хозяйство обслуживает самые насущные нужды человечества. Те нужды, без удовлетворения которых человечество не может обойтись ни одной минуты, нужды зоологические.

Но в порядке эволюции человечества выросли и новые порядки нужд — порядок биологический и порядок интеллектуальный, из которых слагается порядок социальный. Основой для удовлетворения этих новых порядков нужд является то же сельское хозяйство. Мало того, в процессе эволюции нужд зоологических в порядке постепенности в нужды биологические, нужды интеллектуальные и в нужды социальные, требования, предъявляемые человечеством к сельскому хозяйству, растут не пропорционально увеличению численности населения земного шара, а прогрессивно.

Накопляясь постепенно в закономерно растущей прогрессии, численные — количественные — изменения также неукоснительно переходят в глубокие качественные, принципиальные различия, и это качественное различие последовательных периодов эволюции человечества отражается и на повышении качественных требований к сельскому хозяйству. Прогрессируя в своем развитии, человечество не может освободиться от нужд предшествующих своих стадий, и они остаются в своем

полном объеме, слагаясь с новыми нуждами позднейших стадий. Таким образом, прогрессивно растут и количественные требования, предъявляемые сельскому хозяйству, и требования эти усложняются и качественной разницей, которая, в свою очередь, неминуемо слагается из количественных различий.

Неразрывность связи между сельским хозяйством и эволюцией человечества определяется единством источника удовлетворения всех существенных потребностей человечества и источника, определяющего существенное свойство продукта сельскохозяйственной промышленности.

Человека по существу нужно рассматривать, как комплекс многих порядков энергии, беспрерывно им развиваемой и выделяемой. И материя, составляющая его тело, лишь постольку представляет реальную ценность, поскольку она служит производителем этой энергии или служит средством ее передачи. Ценность человека, как члена общества, определяется качеством и количеством развиваемой им энергии в их отношениях ко времени.

Она представляет явление динамическое, и мертвый человек реальной ценности не представляет.

Источником развиваемой человеком энергии является только органическое вещество, беспрерывно разрушаемое всеми жизненными его отправлениями, и то же органическое вещество служит для построения его тела, также беспрерывно разрушаемого в процессе производства энергии.

С этой точки зрения всякое органическое вещество надлежит рассматривать как сложный комплекс простых минеральных соединений, сдерживаемых в одном целом определенным количеством потенциальной энергии химического сродства. Самый процесс жизни человека есть комплекс беспрерывных процессов разрушения органического вещества и превращения освобождающейся при этом потенциальной энергии в кинетическую, действенную энергию разных порядков — комплекс, составляющий сущность жизни.

Основным первоисточником энергии на земном шаре является кинетическая энергия солнечного луча, и задача сельского хозяйства состоит в уловлении возможно большей части притекающей кинетической энергии и преобразования ее в запас потенциальной энергии, на основе которого и может выявиться все многообразие проявления жизни человека и человечества.

Потенциальная энергия химического сродства — это продукт сельского хозяйства как производства.

Кинетическая энергия солнечного луча — это материал ее.

Своеобразный материал и своеобразный продукт требуют и своеобразного орудия производства — это зеленое хлорофиллоносное растение.

Зеленое растение — это машина сельскохозяйственного производства.

Для накопления, хранения своего продукта и передачи его потребителю сельское хозяйство нуждается в создании единственно пригодного для этих целей органического вещества, которое вырабатывается в том же производстве и той же машиной — зеленым растением.

Для создания органического вещества, как носителя потенциальной энергии, в распоряжении машины, ее созидающей, должны находиться те простые минеральные вещества, из которых слагается комплекс органического вещества. Необходимые простые минеральные вещества притекают к растениям из воздуха или добываются ими из почвы. Ко второй группе принадлежат все элементы зольного питания растений, минеральные формы связанного азота и вода. Эти составные элементы органического вещества могут быть усвоены только через корневую систему растений, и все культурные растения предъявляют строго определенные требования к состоянию своих питательных веществ: они должны быть в форме окисленных минеральных соединений.

Кроме того, отчасти для целей проникновения питательных веществ в корневую систему, но, главным образом, для цели

беспрерывной доставки к месту синтеза органического вещества — к зеленой поверхности растений элементов пищи, усвоенных растением из почвы, необходим беспрерывный ток воды от корней к зеленой поверхности растений. Тот же ток воды необходим и для стабилизации термодинамических условий работы зеленой машины — условий давления и температуры. Проникающие с током воды минеральные соли служат для регуляции осмотического давления внутри клеток растений. Беспрерывное испарение воды транспирационной поверхностью служит для ее беспрерывного охлаждения, так как она в то же время является и рабочей поверхностью машины, и часть реконструктивных рабочих процессов машины представляют реакции экзотермические. Этот беспрерывный ток воды поддерживается беспрерывным процессом транспирации зеленой поверхности, и на смену испаренной воды в корневую систему беспрерывно должна поступать вода из почвы.

Этим двум порядкам требований растений должна удовлетворять почва. Почва должна содержать прочный запас воды, способный обеспечить потребность растений в воде в течение всей продолжительности их вегетационного периода, и такой же запас питательных веществ в форме соединений, удобоусвояемых растениями, должен быть в их распоряжении. Из отношения к этим двум порядкам требований растений слагается существенное свойство почвы — ее плодородие.

Первый элемент, слагающий существенное свойство почвы — ее отношение к возможности создания прочного и достаточного запаса воды, в свою очередь, определяется соотношением между тремя порядками отношений почвы к воде и свойством притока воды из атмосферы — единственного первоисточника ее запаса в почве. Отношения почвы к запасу воды в ней определяются ее способностью благоприятствовать или препятствовать быстрому проникновению воды через ее поверхность, ее способностью вместить в себя то или иное количество из проникающей воды и пределами возможности лишения всего запаса почвенной

воды его подвижности под влиянием силы тяжести или волосных явлений. Только путем целесообразной комбинации количественного выражения упомянутых трех свойств приобретает почва способность превращать неравномерно-прерывчатый приток атмосферной воды в длительно-равномерный и прочный запас ее.

Вся эта сложная система взаимоотношений лишь в том случае приобретает производственное практическое значение, когда почва обладает существенным свойством культурности — прочностью своего структурного состояния. Отсутствие этого свойства неминуемо переводит производство в разряд стихийных, не поддающихся контролю процессов.

Второй элемент существенного свойства почвы — ее отношение к запасу пищи растений — не менее сложен и подвижен. Пока питательные вещества находятся в формах удобоусвояемых, они растворимы в почвенной воде, содержащей значительное количество растворенной углекислоты, и им грозит опасность быть выщелоченными из почвы. В природных условиях земной поверхности существует только одна форма, избавляющая питательные вещества зеленых растений от участи быть вымытыми геологическим круговоротом воды из почвы в океан. Это — форма органического вещества. Но в такой форме элементы пищи совсем не усваиваются культурными растениями. Здесь мы сталкиваемся с другим свойством главнейших биологически важных веществ — фосфора, азота, углерода, и с неизбежным условием самого производства.

Главные существенно важные элементы органического вещества, без участия которых немыслимо само понятие о природном органическом веществе и о жизни — углерод, азот, фосфор, представлены на земной поверхности в ничтожных количествах, составляя лишь десятые и сотые доли процента веса земной коры, включая атмосферу и гидросферу.

Наряду с этим, при создании органического вещества

в сельскохозяйственном производстве, мы рядом с продуктами, служащими человечеству для непосредственного получения энергии или для сохранения ее от непроизводительной траты, неминуемо создаем еще и значительное количество таких продуктов, которые остаются в самой почве в форме корней и других пожнивных остатков грубого органического вещества, или нерыночных продуктов в форме — соломы, мякины, ботвы — остатков отработавших свой срок непрочных живых орудий производства сельского хозяйства, или в форме сена и травы луговых угодий.

Из сопоставления трех вышеприведенных положений логически вытекает неизбежность организации в неразрывной связи с первым цехом комплекса сельского хозяйства, занятого созданием органического вещества, еще и второй подсобной группы цехов. Новая группа цехов диаметрально противоположна первому цеху по своим заданиям и должна быть с ним строго количественно увязана. Задача этих цехов — разрушение отслуживших свой срок уже мертвых зеленых машин сельского хозяйства, которые служат лишь одно лето и осенью носят название соломы, мякины, ботвы и пожнивных остатков. Той же участи подлежат и продукты луговых угодий.

Организация цехов совместных, но противоположных по своим заданиям первому, осуществляется в сельском хозяйстве по двум руслам. Первое находит себе выражение в виде организации животноводства, неразрывно связанного с производством растительного органического вещества. Животноводство перерабатывает грубые отбросы в живую силу и продукты животноводства — более высоко квалифицированное органическое вещество, содержащее более концентрированную потенциальную энергию. Одновременно оно возвращает в почву элементы пищи растений в форме навоза.

Другое русло в еще большей степени сливается в одно организационное целое с производством органического вещества. Это культура микроорганизмов почвы, разрушающих пожнивные остатки культурных растений и навоз.

Трудно преувеличить значение последнего цеха сельскохозяйственного производства. Его задача состоит не только в разрушении пожнивных остатков и в обращении в усвояемую культурными растениями форму элементов их пищи. На этот цех возлагается одновременно и важнейшая в сельском хозяйстве задача придачи почве ее главного существенного свойства культурной почвы — прочности — свойства, переводящего все производство, все сельское хозяйство из порядка стихийных диких промыслов в порядок культурных производств, зависящих в своих конечных результатах не от бесконтрольной комбинации стихийных явлений природы, а от плановых организационных предначертаний коллективной воли нации или, в будущем, человечества.

Эта ветвь имеет задачей придать производству главный народнохозяйственный признак — прочность, без которого немыслимо плановое поднятие производительности народного хозяйства. Без этого существенного свойства народное хозяйство логически принуждено основываться на дробной разрозненности первичных элементов хозяйства, ибо это искусственное дробление, противоречащее всем требованиям производства, служит единственной гарантией от слишком сильного снижения средней величины общей продукции. Качество заменяется количеством. И надежда на прочное повышение средней величины продукции равна нулю, ибо раздробленность первичных элементов народного хозяйства исключает возможность придания им технического совершенства. В этих условиях вся совокупность всех элементов народного хозяйства неизбежно должна обладать существенным признаком дикого стихийного хозяйства со всеми его последствиями.

Прочность всех свойств почвы, определяющих как ее отношение к воде, так и к состоянию питательных веществ, определяется содержанием в ней свежеобразовавшегося перегноя. Перегной образуется деятельностью бесхлорофильных микроорганизмов почвы — бактерий. Нам известны два порядка

незеленых микроорганизмов — аэробы и анаэробы. Производственно существенные свойства их таковы, что аэробы, живущие при доступе свободного кислорода воздуха, разрушают органическое вещество быстро и нацело, и в результате оно распадается на простые минеральные окисленные соединения. Анаэробы, в противоположность первым, живут в отсутствие кислорода воздуха и разрушают органическое вещество лишь частично,.и часть органического вещества всегда сохраняется. В процессе своей жизни анаэробы отнимают необходимый им кислород от органического вещества и от тех соединений окружающей их среды, которые могут отдать часть содержащегося в них кислорода. Другими словами, анаэробы восстанавливают окружающую среду.

Ясно, что эти два процесса не могут служить одной цели; их роль диаметрально противоположна. Аэробный процесс может быть использован исключительно для подготовки питательных веществ для культурных растений. Мало того, в процессе разрушения им органического вещества неминуемо вовлекается в общий процесс разрушения и тот перегной, который обусловливает прочность существенных свойств почвы. Это неизбежно, и так же неизбежна и утрата почвою своего суммарного существенного свойства — своего плодородия. Пожнивные остатки и навоз, вносимые в почву, не могут служить источником перегноя. Они попадают в почву летом, когда в ней налицо минимум влажности и, следовательно, максимум содержания воздуха, ибо в почве вода и воздух антагонисты. В таких условиях органические остатки в разрыхленной обработкой почве быстро разлагаются нацело, и почва продолжает утрачивать свою прочность.

Очевидно, что для накопления перегноя мы должны поддерживать в почве и противоположный процесс анаэробного разложения, единственный, который может накопить в почве перегной, создать в ней свойство прочности и приобщить ее к порядку культурных почв.

Не менее ясно, что совместить оба процесса во времени можно лишь с целью умерить интенсивность аэробного процесса, что технически и достижимо. Но для решения вопроса о накоплении в почве запаса деятельного перегноя нужно временное абсолютное преобладание анаэробного процесса. Из факта антагонизма воды и воздуха в почве вытекает, что в природных условиях время преобладания в почве воды, а следовательно, и условий анаэробиозиса, наступает регулярно и надолго лишь глубокой осенью и ранней весной, и очевидно, что к этим срокам и должна быть приурочена культура анаэробных бактерий.

Для производства деятельного перегноя необходимы не только соответствующая обстановка или условия, но необходимо и органическое вещество. Мы уже видели, что пожнивные остатки однолетних культурных растений и навоз разлагаются в почве чрезвычайно быстро, и к глубокой осени от них ничего в почве не остается, перегной же, содержащийся в почве, не может служить для питания анаэробных бактерий. Он представляет продукт жизнедеятельности предшествующих поколений анаэробов и может быть разрушен только организмами другого порядка.

Необходимость предоставления свежего органического вещества для поддержания в почве жизнедеятельности анаэробного процесса настолько существенно важна, что послужила основанием для травопольной системы земледелия, или, иными словами, для травопольной системы восстановления плодородия почвы, то-есть для системы воссоздания ее прочности. Сущность системы заключается в том, что в полевой севооборот вводится на срок не менее двух лет культура смеси многолетнего злака с многолетним бобовым. Травяное поле дает урожай кормовой массы, и производство ее на полевой земле обходится хозяйству дороже, чем производство той же массы на луговых угодиях. И, несмотря на это, все-таки культура трав на полях считается признаком культурного хозяйства,

и севооборот без многолетней травы характеризует стихийное хозяйство со всеми его последствиями.

Вопрос организации сельскохозяйственного производства может быть правильно разрешен только в условиях социалистической республики, и потому он должен быть поставлен во всей своей необъятной широте у нас в СССР, иначе дело революции нельзя считать законченным.

Размер настоящей статьи не позволяет входить в подробности, но уже из высказанного можно сделать один общий вывод. Организация всех областей огромной отрасли народного хозяйства — сельскохозяйственного производства основана исключительно на производственных существенных свойствах ее элементов; и эти существенные свойства могут быть выявлены только путем приложения основ диалектического метода. Во всех вопросах агрономии роль почвы неизбежно выступает на первый план. Мы имеем один основной закон, которому подчиняются все без исключения процессы. Это закон относительного минимума, закон диалектики, по которому всякий процесс может достигнуть своего наивысшего напряжения лишь при условии максимального удовлетворения всех без исключения требований процесса. Если хотя бы одно требование не удовлетворено полностью до своих максимальных размеров, то степень напряжения всего процесса, а следовательно, и количественное выражение его конечного результата будет определяться степенью насыщенности того требования, которое находится в состоянии минимального удовлетворения, независимо от того, что остальные требования удовлетворены полностью. И затрата труда на обеспечение этих остальных требований будет затратой непроизводительной, то-есть нерациональной. Приложите к этому закону закон непрерывности изменения требований — перифраз того же закона относительного минимума, и вы получите динамическое, или, другими словами, диалектическое выражение закона о повышающемся плодородии почвы, который при попытках изучения его методом ста-

тистического исследования неминуемо получает выражение закона убывающего плодородия почвы.

Во всех вопросах сельского хозяйства мы сталкиваемся с неизбежностью утраты почвою существенного свойства культурной почвы — ее прочности. Забота о воссоздании этого свойства является кардинальным вопросом всего производства, потому что от него зависит обеспеченность культурных растений водой и питательными веществами, и до тех пор, пока вопрос о восстановлении прочности почвы не разрешен в положительном смысле, нет надежды на повышение урожаев ни удобрением, ни усовершенствованной обработкой, ни введением селекционного посевного материала, ни введением многополья.

Тем в большей мере отпадает вопрос о лучшем использовании кинетической энергии солнечного луча; ведь мы еще далеки от использования и десяти процентов притекающей энергии.

Все вышесказанное не оставляет сомнения в том, как должна изучаться почва и почвенный покров.

Всякое явление, всякий процесс, всякое природное тело или комплекс тел можно изучать, исследовать, наблюдать с двух основных точек зрения. Можно положить в основу изучения существенные свойства или можно для той же цели воспользоваться его внешними, формальными признаками.

При изучении существенных свойств процесса неизбежно возникает вопрос об отношении этих свойств к среде, ибо никакое существенное свойство не поддается выявлению вне своих отношений к среде и изучающий не в состоянии оказать никакого влияния на существенное свойство, — он принужден силой самого изучаемого свойства быть объективным. Как только возникает изучение отношений к среде, так тотчас автоматически возникает понятие о переменности существенных свойств, зависящих в своем выражении от переменных элементов среды, и отсюда логически неизбежно вытекает понятие о генезисе самого процесса и причинах этого генезиса — о ко-

личественных изменениях, неизбежных в силу изменений условий среды; неизбежная прогрессивность накопления этих изменений с тою же неизбежностью должна привести к качественному различию. Другими словами, возникает понятие об эволюции процесса, и в нем растворяются, им поглощаются понятия о явлении и о теле; они становятся лишь статическими моментами эволюции процесса. Тогда перед умственным взором исследователя встает ясная картина прошлого всего процесса, и из этого ретроспективного взгляда логически вытекает возможность определения, находится ли изучаемый процесс в стадии прогресса или регресса наличной фазы своего развития. В свою очередь, эта стадия изучения открывает широкий горизонт перспективному взгляду, взгляду вперед, в будущее, и отсюда начинается возможность научного предвидения и предсказания.

В результате такого изучения получается логическая система понятий, связанных между собой в порядке причинной зависимости. Это научная система. Только так можно подходить к изучению динамического процесса. А иных процессов не существует. Это закон диалектики.

Ясна и роль производства в таком изучении. Ведь производство основано только на существенных свойствах процесса. И вне производства не удается выявить его существенных свойств. И раз они выявлены, тотчас путем логического анализа вырисовывается их участие в эволюции производства и путь их самостоятельной эволюции. Устанавливается тесная связь с производством на основе логически, научно обоснованного предвидения перспективы развития процесса под влиянием изменений условий, определяемых ходом эволюции самого производства.

Почвовед должен быть агрономом, агрономом с производственным стажем.

Можно в основу исследования природных явлений положить и изучение их внешних, формальных, морфологических

признаков. Но тут возникает вопрос: можно ли на основе формальных признаков, независимо от степени тщательности и верности их описания, построить логически обоснованную научную систему, элементы которой связаны в порядке причинной зависимости и в которой выдержан как в целом, так и в частностях принцип эволюции, в котором можно проследить, начиная с генезиса процесса, развитие прогрессивной стадии процесса, неизбежность ее перехода в стадию регресса и неизбежность генезиса нового процесса, зачатки свойств которого являются реликтами свойств его предшественника?

Ведь от первого прикосновения морфологического метода, хотя бы он был представлен всеми семью цветами радуги, бежит всякое представление о процессе, о динамике явления, об эволюции процесса, и остается лишь немая, хотя, быть может, и художественная, картина статического разреза живого процесса вне связи с окружающей средой, вне связи с временем и пространством.

И не правильнее ли будет назвать такое исследование произведением искусства? Оно может ласкать чувства, но оно немо перед вопросами мысли и перед запросами производства.

И невольно возникает печальный вопрос: кому нужны такие произведения искусства?

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА РАБОТ ОТДЕЛА БИОЛОГИИ ПОЧВЫ ИНСТИТУТА АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ ВАСХНИЛ [8]

Исходя из целевой установки отдела биологии почвы, два цикла вопросов в порядке их логической последовательности подлежат изучению персоналом этого отдела и других отделов, близко соприкасающихся с этими вопросами:

А. Эволюция элементов плодородия почвы в зависимости от биологического воздействия трех наземных растительных формаций — деревянистой, луговой и степной — на различные типы материнской породы.

Б. Динамика эволюции прочнокомковатой структуры почвы, как основной фактор эволюции элементов плодородия почвы.

В порядке же актуальности вопросов, с точки зрения требований сегодняшнего дня, предъявляемых Институту агропочвоведения со стороны нашего реконструируемого сельскохозяйственного производства, второй цикл вопросов (Б) должен быть поставлен на передний план, и на их изучении должно быть сосредоточено на ближайшее время главное внимание отдела биологии почвы и других отделов.

Этот цикл вопросов разбивается на три кате-

гории вопросов, подлежащих изучению следующими отделами института:

I. Значение прочности структуры в эволюции элементов плодородия почвы в различных почвенно-климатических зонах.

1. Роль прочноструктурного состояния почвы в водном режиме этих почв в условиях различных почвенно-климатических зон. *Отдел динамики физических свойств почвы.*

а) Запас воды структурной и бесструктурной почвы (усвоение осадков, поверхностный сток).

б) Прочность запаса воды и источники расхода этого запаса.

Испарение почвою воды при различном расположении структурных и бесструктурных горизонтов почвы, в условиях покрытия почвы растительностью и без растительного покрова, при беспрерывном и прерывистом снабжении водой.

Испарение в условиях различного теплового режима этих почв и различной экспозиции.

Влияние механического состава структурных и бесструктурных почв на элементы водного режима их — запас воды и прочность этого запаса.

2. Роль прочноструктурного состояния почвы в пищевом режиме этих почв в условиях различных почвенно-климатических зон. *Отдел микробиологии и биологии почвы.*

Динамика взаимоотношений биологических процессов в структурной и бесструктурной почве в различных почвенно-климатических зонах.

а) Динамика взаимоотношений микробиологических процессов.

б) Динамика взаимоотношений микробиологических процессов с биологическими особенностями разных групп высших растений автотрофного и симбиотрофного типа питания.

в) Влияние на эти процессы условий природного и искусственного увлажнений.

г) Влияние термических колебаний на взаимоотношения микробиологических процессов в почве.

Отдел систем земледелия.

3. Урожайность однолетних (зерновых и травянистых) и многолетних злаков на структурной и бесструктурной почве в различных почвенно-климатических зонах.

II. Факторы утраты структуры почвы и ее прочности в различных почвенно-климатических зонах и глубина затухания влияния этих факторов.

1. Влияние факторов механических.

Отдел систем обработки почв.

а) Влияние живых и механических двигателей при обработке почвы и уходе за растениями.

б) Влияние орудий обработки почвы, орудий ухода за растениями и уборки их.

Отдел системы коренных улучшений.

в) Влияние способов искусственного приведения воды к почве.

Выработка общих оснований правильного употребления двигателя, машины и полива с точки зрения сохранения прочности структуры почвы.

Отдел динамики физических и химических свойств почвы.

2. Влияние факторов физико-химических.

а) Влияние ионизированных солей атмосферных осадков на динамику изменения состава поглощающего комплекса почвы.

б) Влияние соотношения силы и продолжительности осадков на структуру почвы.

Отдел биологии и микробиологии почвы

3. Влияние факторов биологических.

а) Культура однолетних злаков как фактор утраты прочности структуры.

б) Влияние корневых выделений однолетних растений как фактор утраты прочности структуры.

в) Влияние микробиологических процессов в почве на утрату ею прочности структуры.

III. Факторы восстановления структуры и ее прочности в различных почвенно-климатических зонах.

1. Роль многолетних травянистых растений в создании структуры и ее прочности. *Отдел биологии почвы.*

а) Роль злаков и бобовых в обособлении структурных отдельностей почвы.

б) Темп обособления структурных отдельностей в зависимости от типа почвы и ее механического состава.

в) Роль злаков в обособлении прочности структурных отдельностей почвы.

г) Роль бобовых в обособлении прочности структурных отдельностей почвы.

д) Роль разнотравия (сорной растительности) в создании прочной структуры почвы.

2. Влияние периодического высыхания и увлажнения почвы на прочность ее структуры. *Отдел динамики физических свойств почвы.*

3. Известкование как фактор, определяющий прочноструктурное состояние почвы. Место внесения извести в севообороте. *Отдел динамики химических свойств почвы и отдел систем удобрения.*

4. Изучение связующих веществ, определяющих прочность структурных отдельностей почвы. *Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.*

а) Роль коллоидов почвы.

б) Роль иловатой части почвы.

в) Роль механического состава почвы в определении отношения связности к прочности.

Цикл вопросов 1-й темы (А) разбивается на следующие категории вопросов, подлежащих изучению нижепоименованных отделов института:

I. Динамика процессов перехода горных пород в материнскую породу.

Отдел геоморфологии.

1. Процессы термического выветривания.

Отдел геоморфологии и динамики химических свойств почвы.

2. Процессы материального (химического) выветривания.

а) Роль воды при химическом выветривании.

б) Роль кислорода и влияние выветривающегося минерала на характер новообразований.

в) Динамика воздействия угольной кислоты.

г) Характер получающихся при выветривании растворимых и нерастворимых продуктов.

Отдел геоморфологии.

3. Динамика переноса продуктов выветривания.

а) Влияние иллювиальных процессов на вынос и перераспределение продуктов выветривания в массе породы.

б) Динамика переноса элементов рухляка выветривания под влиянием рельефа местности. Состав материнской породы и типы элювия в зависимости от тех же моментов.

в) Условия возможности проявления процессов эолового переноса и влияние его на элементы элювия.

г) Местные эоловые отложения, области их распространения, эволюция их свойств и признаков.

д) Экзотические эоловые отложения. Условия их осуществления и эволюция их свойств и признаков. Области лёссовых наносов.

е) Динамика переноса элементов рухляка выветривания материковым льдом. Периодичность повторения ледниковых эпох под влиянием явлений прецессии и роль ее в периодическом изменении широтных колебаний климата. Общие свойства и признаки ледниковых отложений. Южнорусский лёсс

и среднеазиатский лёсс как ледниковый рухляк карбонатных пород. Каспийские бурые глины как ледниковый рухляк пермской формации. Центры оледенения, давшие начало образованию материнских пород европейской и азиатской частей СССР. Погребенные лёссы и морены как результаты периодичности оледенений.

II. Динамика первичной стадии почвообразовательного процесса.

1. Роль хемотрофных организмов в обособлении первичных почвенных образований. *Отдел биологии и микробиологии.*

2. Роль анаэробных бактерий в процессе дальнейшей эволюции почвенных образований. „

3. Роль аэробных бактерий как элементов, подготовляющих субстрат для дальнейшего развития почвы. „

4. Роль низших грибов в первичном почвообразовательном процессе. „

5. Зеленые водоросли как организмы, определяющие переход первичного налета почвы в обособленный горизонт органического вещества. „

6. Роль лишайника в изменении темпа накопления органического вещества. Лишайник как первое проявление совместного симбиотрофизма. Роль лишайников в динамике явлений переноса продуктов выветривания и в подготовлении субстрата для растений корневых. *Отдел биологии почвы.*

7. Пустынный загар как первичная почва. „

8. Высокая тундра. „

III. Динамика эволюции почвообразовательного процесса под пологом деревянистой растительности.

1. Биология деревянистой растительной формации.

Отдел биологии почвы.

а) Особенности динамики требований этой формации к воде.

Отдел биологии и микробиологии.

б) Микотрофизм зольного и азотного питания этой формации.

Отдел биологии почвы.

в) Особенности геотропизма у лесных деревьев.

Отдел биологии и микробиологии почвы.

2. Физико-химические особенности мертвого лесного покрова, определяющие динамику биологических процессов его разрушения.

а) Флора и фауна, разрушающие мертвый лесной покров.

б) Условия, определяющие направление процесса разрушения и продукты его.

Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.

3. Динамика эволюции подзолистого горизонта.

а) Анализ условий образования подзолистого горизонта.

б) Динамика степени оподзоливания в зависимости от состава материнской породы.

в) Влияние рельефа местности и свойств материнской породы на степень выраженности подзолистого горизонта.

Отдел биологии и микробиологии почвы.

4. Динамика эволюции рудякового горизонта.

а) Анализ условий биологического населения рудякового горизонта.

б) Органические и органоминеральные соединения рудякового горизонта.

в) Анализ влияния различных моментов обособления рудякового горизонта на его свойства.

г) Влияние степени выраженности различных фаз развития рудякового горизонта и свойств материнской породы на его особенности.

д) Влияние рельефа местности и свойств материнской породы на положение, выраженность и свойства рудякового горизонта.

5. Динамика эволюции глеевого горизонта. *Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.*

а) Динамика условий обособления глеевого горизонта.

б) Характер соединений железа в глеевом горизонте.

в) Органические и органоминеральные соединения глеевого горизонта.

г) Влияние рельефа и свойств материнской породы на степень выраженности и состав глеевого горизонта.

6. Влияние подзолообразовательного процесса на эволюцию форм рельефа. *Отдел геоморфологии.*

7. Динамика влияния деревянистой растительности на изменение свойств горизонта материнской породы. *Отдел биологии почвы.*

8. Влияние рельефа на динамику почвообразовательного процесса. „

9. Влияние свойств материнской породы на природные проявления подзолообразовательного процесса — латериты и другие.

IV. Динамика эволюции дерновой стадии почвообразовательного процесса.

1. Динамика причин смены деревянистой растительной формации луговой формацией. *Отдел биологии и геоботаники.*

2. Биология травянистых растительных формаций и динамика их генетических соотношений. „

3. Динамика смены лугового периода дерновой стадии.

а) Эволюция и состав корневищевой фазы и ее влияние на обособление производственных свойств почвы.

б) Дерновая стадия в области центральной части зернистой поймы. *Отдел динамики кормовой площади.*

Отдел динамики систем земледелия и биологии почвы.

в) Рыхлокустовая фаза лугового периода.

1) Динамика обособления производственных свойств почвы.

2) Элементы плодородия почвы.

3) Затухание элементов плодородия почвы и его причины.

4) Способы искусственного воссоздания производственных свойств почвы.

5) Причины, вызывающие неизбежность смены рыхлокустовой фазы плотнокустовой.

Отдел биологии и геоботаники.

4. Динамика смены лугового периода болотным периодом.

а) Биология плотнокустовых злаков. Микотрофизм. Аэренхима. Плотность куста.

б) Последствия морфологических признаков и биологических особенностей плотнокустовых злаков.

Обособление торфяного горизонта.

Прогрессивное обеднение нарастающего торфяного горизонта.

в) Причины неизбежности появления деревянистой флоры в течение болотного периода.

Биология кустарниковой флоры.

Биология болотных деревьев.

Биология вересковых, ягодных и карликовых кустарников.

г) Эволюция травянистой флоры болотного периода.

Биология осок.

Биология разнотравия.

д) Эволюция мохового покрова болота.

Биология зеленых мхов.

Биология сфагнового мха.

Биология печеночников.

е) Динамика процесса отмирания болота.

Биология насекомоядных.

Биология лишайников.

5. Природное проявление смены фаз дерновой стадии почвообразовательного процесса.

а) Влияние рельефа на темп смены фаз дерновой стадии. *Отдел биологии*

б) Влияние свойств материнской породы на темп и динамику смены фаз дерновой стадии. *Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.*

Болота водораздельные.

Болота низовые.

в) Притеррасные топи.

Геологическое строение области притеррасной поймы. *Отдел геоморфологии.*

Водный режим. Пищевой режим. *Отдел биологии.*

Роль бактериотрофных организмов. *Отдел биологии и микробиологии.*

Микрорастительные сообщества.

Биология высшей растительности притеррасной топи. *Отдел биологии и геоботаники.*

Сапропелит, луговая известь, вивианит, охра, пресноводный трепел. *Отдел динамики химических свойств почвы и систем удобрения.*

Хозяйственное использование области притеррасной топи. *Отдел районирования и организации территории.*

г) Рендзины.

6. Динамика эволюции черноземного периода дерновой стадии. *Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.*

а) Влияние свойств материнской породы на динамику развития черноземного периода. *Отдел биологии.*

б) Эволюция водораздельного болота в северный чернозем. »

Процессы выветривания водораздельных болот.

Процессы обособления горовых черноземов и их свойства.

Обособление долинных черноземов и черноземов склонов. *Отдел биологии и геоботаники.*

в) Эволюция чернозема на карбонатной морене.

Лесостепь.

Обыкновенный чернозем.

Включения в черноземах на карбонатной морене.

Отдел биологии и геоботаники. г) Эволюция чернозема на пермской морене.

Широколиственные леса.

Березовая степь.

Тучные черноземы.

" д) Черноземы Западносибирской низменности.

7. Влияние широтных и высотных климатических условий на динамику дерновой стадии.

" а) Динамика эволюции дернового процесса в области низкой тундры.

Отдел районирования и организации территории. б) Использование области низкой тундры как пастбищного и сенокосного угодия и под скороспелые овощные культуры.

Отдел биологии и геоморфологии. в) Динамика явления вечной и погребенной мерзлоты.

Отдел биологии, геоботаники и организации территории. г) Высокогорная тундра, субальпийские и альпийские луга. Альпийское хозяйство.

Отдел биологии. 8. Влияние местных условий на эволюцию дерновой стадии.

а) Зарастание озер.

б) Зарастание речных заводей.

V. Динамика эволюции степной стадии почвообразовательного процесса.

Отдел биологии почвы. 1. Динамика и причины эволюции луговой растительной формации в степную.

Отдел биологии и геоботаники. 2. Биология степной растительной формации.

а) Биология эфемеров.

б) » группы степных растений.

в) » » глубококорневых растений.

г) » » корневищевых растений.

д) » » однолетних солянок.

е) » » многолетних солянок.

ж) Биология группы тугайных и коридорных лесов.

3. Динамика воздействия степной растительной формации на эволюцию процесса деградации дерновых почв. *Отдел биологии, геоботаники и динамики химических свойств почвы.*

а) Динамика обособления свойств южных черноземов.

б) Динамика обособления свойств солонцов.

в) Динамика обособления каштановых и бурых почв.

г) Выработка и обоснование приемов борьбы с отрицательными культурными свойствами деградирующих почв. *Отдел коренных улучшений.*

4. Динамика почвообразовательного процесса, протекающего под покровом степной растительной формации. *Отдел биологии и микробиологии.*

а) Эволюция динамики пищевого режима. *Отдел динамики химических свойств почвы.*

б) Динамика обособления водного режима почвы. *Отдел динамики физических свойств почвы.*

в) Динамика обособления водного режима страны. *Отдел геоморфологии.*

г) Состав солей засоленных почв и солончаков. *Отдел динамики химических свойств почвы.*

д) Выработка и основание приемов борьбы с отрицательными культурными свойствами степных почв. *Отдел коренных улучшений и систем земледелия.*

Борьба с солевым режимом.

Придача степным почвам нормального водного режима.

5. Проявление степного почвообразовательного процесса в области дернового процесса.

а) Водный и пищевой режим слоистой поймы. *Отдел биологии, геоботаники и кормовой площади.*

б) Область аллювиальных песков. *Отдел биологии, геоморфологии и коренных улучшений.*

Отдел биологии, геомофологии и коренных улучшений.

в) Область высокогорных и тугайных солончаков. Такыры. Ала.

г) Область материковых песков.

Отдел биологии, геоморфологии и организации территории.

VI. Влияние эволюции почвообразовательного процесса на эволюцию климата и борьба с пустыней.

„

VII. Влияние эволюции почвообразовательного процесса на эволюцию элементов геоморфологии и свойств материнской породы.

Хозяйственное значение ландшафта.

Ландшафт тундры.

» лесолуговой зоны.

» луговостепной зоны.

» степи.

» пустыни.

19/XI 1930.

Объяснительная записка к перспективной программе работ отдела биологии почв Института агропочвоведения ВАСХНИЛ

Целевая установка отдела биологии почв — изучение соотношения динамики эволюции высших растительных сообществ с динамикой эволюции низших растительных сообществ и почвенной фауны в их зависимости от природных условий перераспределения факторов жизни растений и их совокупного влияния на эволюцию и динамику изменения элементов плодородия почвы — ее водного и пищевого режима и условий урожайности сельскохозяйственных культур.

Развитию этой установки и посвящена прилагаемая при сем перспективная программа отдела биологии почв. При этом выделение цикла вопросов по динамике эволюции структуры почвы (п. Б программы) является до известной степени искусственным и сделано исключительно ради актуальности этих вопросов.

В целях методологических этот цикл разбит на ряд тесно увязанных между собою тем, подлежащих одновременному изучению не только отделом биологии почвы, но и другими отделами института.

Разработка темы I, 1 должна быть произведена отделом динамики физических свойств почвы в первую очередь, ввиду ее крайней важности и в то же время сравнительной простоты вопросов, т. е. отсутствия в них элементов биологии.

Тема I, 2, касающаяся также очень важного элемента — пищевого режима почвы, требует также быстрой постановки, ввиду того, что разработка и разрешение ее связаны с рядом биохимических процессов, требующих времени для своего осуществления, и тема, таким образом, может затянуться не на один год.

Тема I, 3 должна послужить основанием для введения долголетних мероприятий (систем земледелия) и потому нуждается в быстрой ориентации, гарантирующей от ложных шагов.

Вопрос II, 1 очень важен, так как от его разрешения зависит строительство заводов, выпускающих тот или иной тип машин и орудий сельскохозяйственного производства.

Тема II, 2 является вопросом первой важности как определяющая основы частоты обработок.

Тема II, 3 важна в смысле освещения органической неразрывности связи культуры однолетних и многолетних травянистых растений.

И, наконец, вопросы цикла III охватывают все детали паровой и травопольной системы земледелия и освещают моменты взаимоотношения культуры однолетних и многолетних травянистых растений, без точного знания которых не представляется возможным установить элементы травопольной системы земледелия в различных зонах.

Анализ цикла вопросов, обозначенных в программе буквой А, приводит к необходимости выделения в составе Института агропочвоведения в секторе генезиса почвы отдела геоморфо-

логии. Задачу этого отдела составит изучение абиотических и геологических процессов, определяющих как динамику пищевого режима, так и динамику водного режима страны и территории хозяйства и ее влияние на перераспределение элементов пищи растений. Другими словами, отдел геоморфологии, изучая свойства, распределение и генезис послетретичных отложений, даст прочное обоснование отделам агропочвенного районирования и организации территории хозяйства.

Из вопросов, перечисленных в этом цикле А и относящихся непосредственно к отделу биологии почвы, необходимо выделить две группы, начало разработки которых желательно в 1931 году.

К числу этих вопросов принадлежат такие, которые связаны с длительной подготовкой (лизиметры, вывозка почв из других зон) и регулярное изучение которых может начаться только после того, когда в сооружениях, необходимых для их решения, наступят условия известного равновесия элементов, не входящих в круг разрешаемого вопроса.

Вторая группа охватывает те вопросы, по которым у работников отдела биологии накопился значительный материал, требующий возможно быстрой обработки.

План работ отдела биологии почв на 1931 год и смета расходов будут представлены в ближайшее время отдельно.

ОТЧЕТЫ ПО ПОЧВЕННЫМ ОБСЛЕДОВАНИЯМ





ОТЧЕТ ПО МАРШРУТНОМУ ПОЧВЕННОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ БИРОБИДЖАНСКОГО РАЙОНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО КРАЯ[9]

Весной 1927 года ко мне обратились с предложением взять на себя организацию экспедиции по предварительному маршрутному обследованию Биробиджанского района Дальневосточного края для выяснения его агрономических перспектив.

Для этой цели была организована под моим общим руководством экспедиция. Полевые работы экспедиции продолжались до конца июня в течение полутора месяцев на маршруте в 1560 километров.

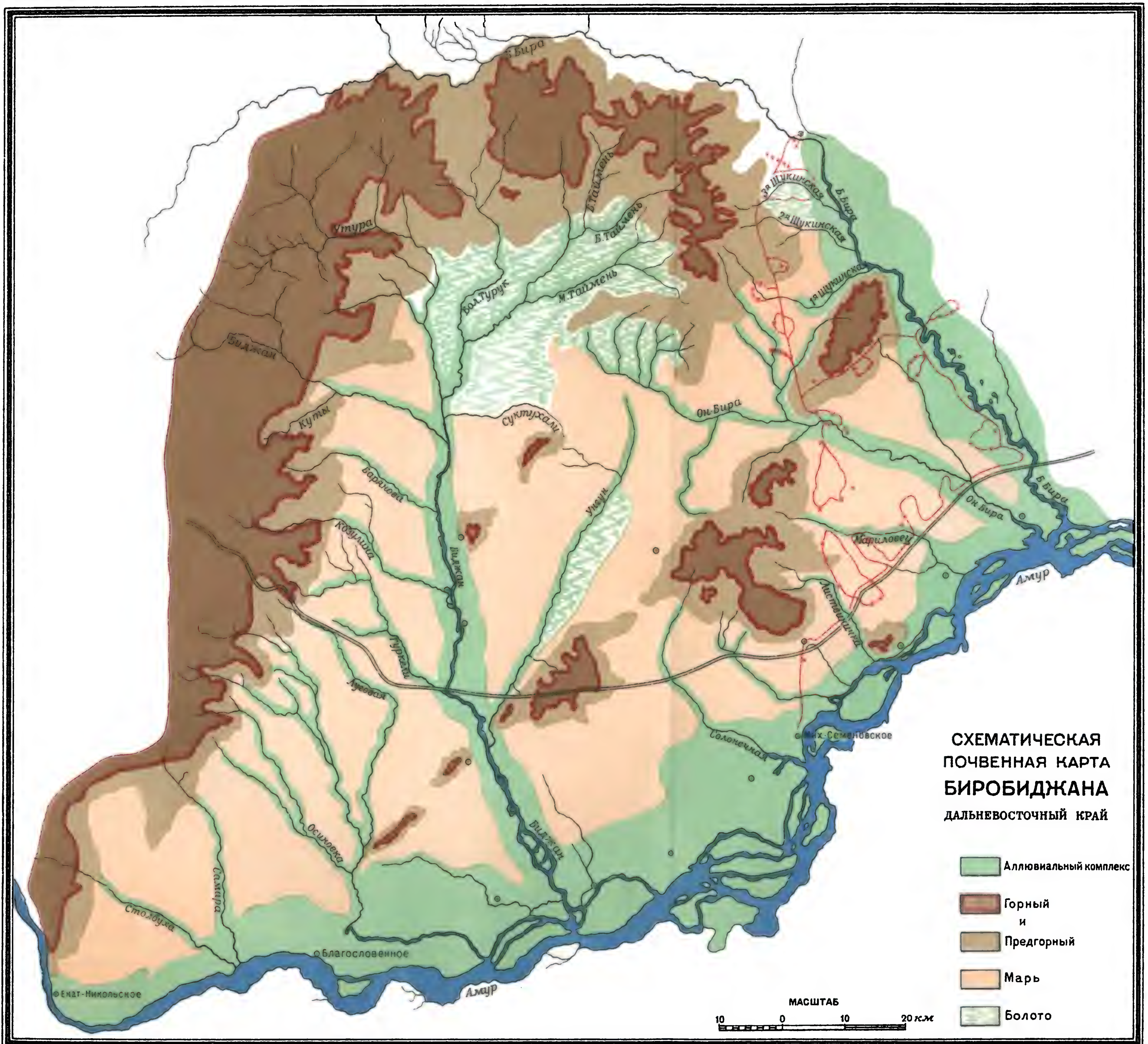
Как видно из прилагаемой карты, Биробиджанский район отграничивается с севера линией железной дороги; границей района с юго-запада и с юга служит река Амур; с запада — хребет Малый Хинган и с востока — река Большая Бира — левый приток р. Амура. Район лежит в пределах двух административных районов: Екатерино-Никольского — Амурского округа и Михайло-Семеновского — Хабаровского округа Дальневосточного края. В означенных границах Биробиджанский район представляет площадь приблизительно в 1 500 000 гектаров. Маршрутное обследование охватило территорию около 1 000 000 гектаров. С юга и юго-запада район граничит с Маньчжурией.

Приблизительно на одной трети расстояния от западной границы к восточной район пересекается рекой Биджан, берущей начало на высоте около 250 м в горной цепи Малый Хинган

и лежащей всем своим бассейном в пределах обследованного района. В пределах того же района лежит и бассейн всех правых притоков реки Большой Биры, равно как и приблизительно половина бассейна верховьев самой Большой Биры, берущей начало на высоте около 200 м, в том же Малом Хингане. Водоразделом бассейнов Биджана и Большой Биры служат на севере района увалы, отходящие от Малого Хингана, и на востоке отходящий от него на юг невысокий Шукинский хребет, вершины которого не превышают 500 м. В Шукинском хребте берут начало все правые притоки Большой Биры, река Малая Бира (Он-Бира) и все левые притоки Биджана. Таким образом, бассейны тех и других целиком лежат в пределах обследованного района.

Биробиджанский район представляет один общий склон от Малого Хингана к Амуру. Общий склон перерезан в продольном направлении тальвегами рек Биджана и Большой Биры и водоразделом между ними. Кроме того, в поперечном направлении район пересекают невысокие короткие хребты Даурский, Большие Чурки, Малые Чурки, Ульдур и изолированные сопки. Падение всех долин, даже в равнинной части района, очень велико...

Одну из наиболее характерных, типичных и чрезвычайно важных в хозяйственном отношении особенностей района представляет его климат. Биробиджанский район лежит между 47°40′ и 49°10′ северной широты, т. е. приблизительно на одной широте с Харьковом и Сталинградом. Но огромная разница долгот определяет колоссальную разницу в условиях климата этих районов. Биробиджанский район лежит между 130°30′ и 133°45′ восточной долготы от Пулкова, в области Тихоокеанского муссона. Одновременно оказывают сильное влияние относительная близость полюса холода, соседство высоких плоскогорий (800—1000 м над уровнем океана) величайшего азиатского материка и наличность холодных — Сахалинского и Курильского — океанских течений.



СХЕМАТИЧЕСКАЯ
ПОЧВЕННАЯ КАРТА
БИРОБИДЖАНА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ КРАЙ
Аллювиальный комплекс
Горный
и
Предгорный
Марь
Болото
МАСШТАБ
10 0 10 20 км
Амур
Благословенное
Екат-Никольское
Мих.-Семеновское
Биджан
Б.Бира
Он-Бира
Солонечная
Столбуха
Самара
Осиновка
Луговая
Гуркан
Козулинка
Баранова
Куты
Утура
Бол.Турук
М.Таймень
Б.Таймень
Ункун
Суктухани
Мариловец
Листвянка

Зимой на высоких плоскогорьях восточной Сибири устанавливается мировой максимум атмосферного давления. В области же Тихого океана и в экваториальной атмосфере давление падает. Таким образом, в течение зимних месяцев устанавливается постоянный ветер — зимний муссон по направлению из внутренней области азиатского материка в юго-восточном направлении к Великому океану. Летом условия атмосферного давления изменяются в противоположном направлении и устанавливается летний муссон, дующий с Тихого океана, т. е. в северо-западном направлении в глубь азиатского материка.

Вследствие того, что зимний муссон нисходящим током стекает с холодных высоких плоскогорий восточной Сибири в Приокеанскую низменность, в которой лежит и Биробиджанский район, здесь зимой устанавливается ясная, холодная погода с незначительным количеством атмосферных осадков. Под тонким снеговым покровом почва промерзает очень глубоко, и неглубокие водоемы и небольшие реки замерзают до дна.

Летний юго-восточный муссон, дующий с океана, теплый и влажный, приносит обильные дожди, и поэтому и в Биробиджанском районе дожди резко преобладают над зимними осадками.

Средние климатические условия Биробиджанского района, по проф. Т. Колоскову, характеризуются так:

Сумма температур вегетационного периода равна 2500—3000°.

Годовая сумма осадков равна 500—700 мм.

Средняя температура вегетационного периода (дней со средней температурой не ниже 5°) равна 16°.

Рабочий период (дней со средней суточной температурой выше 0°) 199 дней, с 8/IV по 24/X.

Продолжительность вегетационного периода 169 дней, с 25/IV по 11/X.

Продолжительность сплошного безморозного периода 141 день — с 10/V по 11/X.

Совершенно свободны от заморозков июнь, июль и август.

Незначительное число дней с заморозками имеют май и сентябрь...

Глубина снегового покрова 30—40 см.

Близость горных хребтов создает в Биробиджанском районе довольно значительную разницу в количестве выпадающих осадков...

Анализируя климатические условия Биробиджанского района, мы должны отметить следующие особенности, резко отличающиеся от климата Европейской части Союза.

Прежде всего, район как бы соединяет в себе особенности двух противоположных климатов. Зимой он имеет многие черты сурового континентального климата, летом, наоборот, дождливого мягкого приморского. Несомненно, что условия зимнего периода с пятью месяцами со средней температурой ниже 0° должны отразиться прежде всего на строительстве как жилых помещений, так и хозяйственных построек для скота и для хранения продуктов хозяйства. Не менее серьезно станет и вопрос о снабжении населения топливом. Хотя район и изобилует горными породами, но по своему характеру это преимущественно или кристаллические горные породы, или породы метаморфические, твердые, трудно подвергающиеся обработке, и поэтому рассчитывать в первое время на этот строительный материал было бы рискованно. Хотя наличность хорошей кирпичной глины в районе и стоит вне сомнения, но организация производства кирпича и других необходимых строительных материалов для строительства из кирпича и камня потребует значительного времени.

Это заставляет обратить серьезное внимание на организацию правильного, планомерного использования лесных богатств Биробиджанского района.

В еще большей степени заостряется вопрос о правильной организации использования лесной площади района с точки зрения снабжения населения топливом. Запасы минерального топлива, имеющегося в районе и прилегающих областях, еще не на-

столько выявлены, чтобы на них можно было твердо обосновать топливное снабжение населения. И в связи с перспективами развития промышленности пока нет достаточных оснований для расчета на минеральное топливо. Вопрос о древесном топливе ставит задачу организации лесного хозяйства района в иные рамки. Если ассортименты строительного материала и способны переносить расходы транспорта, то топливный материал не может быть отягощен накладными расходами без уменьшения его доступности для населения. Особенности режима водных артерий, района, выражающиеся в отсутствии весеннего паводка и приуроченности паводков к летнему сезону, когда наличность незанятой рабочей силы сомнительна, заставляют с осторожностью отнестись к возможности снабжения населения древесным топливом из горных районов и выдвигают вопрос об организации лесов местного значения. Эти два момента не должны остаться недооцененными при организации района.

Решающее значение в организации сельского хозяйства не только Биробиджанского района, но и всей области Дальневосточного Приморья и Приамурья имеет своеобразное распределение атмосферных осадков под влиянием зимнего и летнего муссонов.

В среднем, за время летнего муссона, с мая по сентябрь выпадает 85% годовых осадков, на время зимнего муссона, с октября по апрель, приходится 15% годовых осадков. В абсолютных числах это выражается слоем в 499 мм в первом случае и 89 мм во втором, при годовом слое в 588 мм. В дождливые же годы эти количества выражаются слоем в 757 мм в первом случае и в 127 мм — во втором, при годовой сумме осадков в 884 мм. Соответственно этому и число дней с осадками за время с мая по сентябрь равно 49, а за время с октября по апрель —22. Также и суточная интенсивность осадков изменяется в том же направлении; она в среднем равна 10 мм для периода летнего муссона и 4 мм для периода зимнего муссона.

Такое распределение осадков влечет за собою ряд послед

ствий. Эти последствия приобретают особенно резкое выражение при том состоянии района, в котором он находится в настоящее время и которое нельзя характеризовать иначе, как некультурное.

Первым следствием малого количества осадков в течение зимнего периода является незначительная толщина снегового покрова, которая в среднем не превышает 30—40 см. При незначительной зимней облачности, а следовательно, при усиленном излучении, средняя температура зимы достигает —19°, при единичных случаях падения до —41°. Вследствие этого при господстве бесструктурных почв промерзание последних в настоящее время достигает 2 м. Обыкновенно эту величину принято рассматривать как постоянную, зависящую только от двух практических постоянных величин — глубины снегового покрова и низкой средней температуры зимы. Но она зависит еще и от третьей предпосылки, которая своим воздействием подчиняет влияние двух первых и может привести как к их усилению, так и к их ослаблению. Эта третья причина — структурное состояние почвы. Осенью, особенно после дождливого лета, все промежутки бесструктурной почвы заняты водой, и теплопроводность такой почвы практически равна теплопроводности воды, т. е. она очень велика, и при сильных декабрьских, январских и февральских морозах и при неглубоком снеговом покрове почва до большой глубины теряет запас тепла, произведенный ею летом, и промерзает до глубины 2 м. Совсем иное получается при обращении пахотного горизонта почвы в культурное — комковатое состояние. В этом случае все промежутки между комками почвы неволосные и заполнены воздухом. Охлаждение почвы путем частого проникновения в массу почвы холодного наружного воздуха возможно при частых сменах высот барометрического давления. Эта причина во всей области отсутствует вследствие того, что в продолжение всего времени зимнего муссона устанавливается устойчивое, максимальное для всего земного шара, барометрическое давление.

Под влиянием совокупности этих причин глубина промерзания почвы, пахотный слой которой обладает комковатой структурой, в резкой степени уменьшится, благодаря изолирующему влиянию нетеплопроводного пахотного горизонта. В этом случае глубина зимнего промерзания почвы не спускается в среднем глубже одного метра. Вследствие сказанного, после обращения почв района в культурное состояние глубина зимнего промерзания в сильной степени сократится, и также соответственно сократится и продолжительность времени влияния зимней мерзлоты на срок весеннего согревания почвы и станут возможны более ранние весенние посевы, увеличится и продолжительность вегетационного периода. Весьма понятно, что все явления, о которых идет речь, могут выявиться только в том случае, когда в культурное состояние обращаются сразу большие площади. В случае кустарного внедрения в основной массив некультурного района отдельных мелких переселенческих заимок они совершенно лишены возможности культурного воздействия на окружающие природные условия и обречены на первобытное существование.

Другое следствие распределения основных элементов климата по сезонам в Биробиджанском районе, так же как и во всей области, представляет неустойчивость, или, как часто утверждают, невозможность возделывания озимых хлебов и многолетних трав — злаков и бобовых, вследствие их вымерзания под влиянием низких зимних температур и незначительности толщины снегового покрова.

Вопрос о гибели озимых хлебов довольно сложен и заслуживает анализа. Если сопоставить довольно скудные данные об элементах климата Биробиджанского района в течение зимнего периода, мы получим следующее:

По данным проф. Колоскова, толщина снегового покрова зимой колеблется от 30 до 40 см, в среднем 35 см.

Таким образом, озими в Биробиджанском районе во время самых сильных декабрьских и январских морозов бывают по-

Таблица осадков зимних месяцев в % к годовой их сумме

	Месяцы и сезон						
	XII	I	II	средн.	зима	III	XI
Бирское опытное поле — среднее	1,6	0,6	1,2	1,1	3,4	1,5	2,0
Бирское опытное поле — дождливый год	0 8	1,7	1,0	1,2	3,5	1,4	0,6
Екатерино-Никольское . .	0,1	0,4	3,3	1,3	3,8	1,8	0,3
Михайло-Семеновское . .	0,4	0,3	0,9	0,5	1,6	1,9	0,9
Среднее	0,7	0,8	1,6	1,0	3,1	1,7	1,0

крыты снеговым покровом толщиной в 10—15 см. Такой покров не может быть признан значительным.

Явление гибели озимых хлебов в течение зимнего периода их вегетации хорошо изучено. Причин этой гибели имеется несколько.

Озимые хлеба могут погибать от низких температур, вымерзать в прямом смысле слова. Этому вымерзанию в особенно сильной степени подвержены озимые пшеницы, но и среди пшениц есть сорта, отличающиеся значительной зимостойкостью, и подбор таких сортов — дело селекции, с которым она с большим успехом справляется. В значительно большей степени зимостойкостью в прямом значении слова обладает рожь. Даже в случае происхождения семян из гораздо более теплого климата рожь чрезвычайно быстро приобретает свойство полной зимостойкости в условиях суровой зимы. Хорошей иллюстрацией этого свойства может служить хорошо изученный в этом направлении сорт шампанской ржи. При посеве оригинальных семян этой ржи, выписанных из Франции, в условиях суровых зим Московской, Тверской и восточных уездов Вологодской губернии, как правило, погибает от низкой зимней температуры от 60 до 70% растений. Но семена, собранные с уцелевших растений, уже на следующий год дают растения на 100% зимостой-

кие, причем в течение ряда лет зимостойкая шампанская рожь первой, второй и т. д. генераций сохраняет типичные признаки шампанской ржи — светлую окраску зерен, их крупность, бочковатость, отсутствие сыпучести и невысокую и трудно полегающую солому.

Само собою разумеется, что эти признаки постепенно утрачиваются — сорт «вырождается». Уже растения первой генерации шампанской ржи свободно переносят длительные бесснежные морозы в 20—30°.

Другой причиной гибели озимых растений, не имеющей ничего общего с зимостойкостью, является поражение их паразитными грибами из рода фузариум и др. Очень часто эту непосредственную причину гибели озимых от нападения паразитных грибов считают посмертным явлением — развитие сапрофитных грибов на погибших от вымерзания озимях. В климатических условиях Дальневосточного края, при изобилии осадков во время уборки озимых, заражение посевного зерна паразитными грибами очень вероятно, и следует считать обязательным правилом делать посев исключительно протравленным зерном.

Главной причиной гибели озимых хлебов от вымерзания надо считать структурное состояние почвы — посев озими в бесструктурную распыленную почву. При этих условиях могут быть два случая. Распыленная почва подвержена очень длительному процессу оседания, особенно выраженному при богатой осадками осени; это оседание почвы всегда влечет за собой обнажение от покрова почвы узла кущения озимого растения, самого чувствительного как к понижению температуры, так и к высыханию органа молодого растения. При неглубоком снеговом покрове и при невысокой относительной влажности воздуха в течение зимнего периода в Биробиджанском районе такое высыхание должно происходить очень энергично. Между тем корни озимого растения, заключенные в замерзшую почву, лишены возможности пополнять испаряющуюся воду, и узел кущения

засыхает, а вместе с ним гибнет и все растение. Если распыленная почва осенью не настолько села, чтобы обнажить узлы кущения озими и подвергнуть их риску замерзания или зимнего высыхания, то ранней весной озимые хлеба ждет другая опасность. Тонкий снеговой покров быстро стаивает, и поля обнажаются. В солнечные дни зеленые надземные органы озими нагреваются непосредственно солнечными лучами и начинают процесс ассимиляции, и вместе с тем начинается и неразрывно связанный с ассимиляцией процесс транспирации — испарения воды рабочей поверхностью растений. Между тем, бесструктурная, распыленная почва усиленно испаряет воду, непрерывно притекающую снизу по сплошь волосной массе осевшей раздельнозернистой почвы. Поглощение тепла испарением воды не допускает согревания почвы, и корни, всасывающая работа которых прекращается при 5°, или совсем не могут пополнять потери воды листьями, или производят это пополнение несовершенно. Растения или погибают сразу, «вымерзают» от бесснежного мороза, или постепенно утрачивают свои листья и медленно погибают.

Второй случай гибели озимых посевов на бесструктурной почве зависит от неравномерности распределения осенней влажности по горизонтам бесструктурной почвы озимого поля. Передвижение воды по массе бесструктурной почвы совершается по законам движения воды в волосном теле. Вода передвигается по направлению от более влажной к более сухой части тела с прогрессивно замедляющейся скоростью, причем чем мелкозернистее волосное тело, тем медленнее начальная скорость движения воды. Поэтому на распыленных глинистых почвах, занятых озимым посевом, горизонт наибольшего распределения корней озимых всегда суше самого поверхностного слоя почвы, влажность которого поддерживается частыми осенними дождями. Вследствие медленности передвижения волосной воды в глинистых почвах и энергичного иссушения более глубокого горизонта почвы корнями озими, верхний, влажный

горизонт обособляется от нижнего, более сухого. При наступлении морозов, после предшествующей дождливой осени, почва этих двух горизонтов изменяет свой объем в очень значительной степени, различно в зависимости от разницы их влажности. Верхний, влажный слой расширяется очень сильно и отрывается от нижнего, более сухого, что влечет за собою разрыв корней, полный или частичный, и гибель озимых от высыхания или зимой, при малой толщине снегового покрова, или ранней весной. Это явление хорошо изучено при культуре лугов, и на этом основании обязательным приемом культуры лугов в первом, а иногда и втором году после посева, является укатывание их ранней весной тяжелым катком, после чего многолетние злаки быстро вновь укореняются. В особенности этот прием необходим при культуре лугов на торфяных почвах, влагоемкость которых очень велика, а следовательно, и волосное движение очень медленное. На том же основании и культура озимых на торфяных почвах исключается.

Все описанные явления изменяются в диаметрально противоположном направлении при обращении почвы в структурное состояние. Волосные свойства почвы совершенно меняются. Она перестает быть сплошным волосным телом. Единицей волосности становится комок, и все вышеописанные явления сосредоточиваются в каждом отдельном комке. Но так как комки структурной почвы отделены друг от друга неволосными промежутками, а на местах соприкосновения их разделяют волосные промежутки большего поперечника, чем промежутки между частицами комка, то комки структурной почвы совершенно изолированы друг от друга в отношении водного режима. Водный режим почвы и водный режим комков, слагающих почву, представляют два совершенно различных комплекса явлений.

Атмосферная вода в комковатую почву проникает по неволосным промежуткам по закону равномерно-ускорительного движения. По пути своего проникновения в массу почвы вода

омывает огромную волосную поверхность комков и мгновенно всасывается в ничтожную по объему массу каждого отдельного комка. Прогрессивность замедления волосного тока воды не может развиться вследствие небольших размеров комков, величина которых колеблется от 1—3 мм до 5—10 мм в диаметре.

Вследствие такого водного режима в структурной почве вода и воздух не являются антагонистами. Вода занимает объем комков, воздух одновременно занимает объем промежутков между комками. Волосная вода, заключающаяся в массе комков, совершенно лишается своей подвижности, и в связи с этим моментом резко изменяется и тепловой режим почвы. Теплопроводность всей массы почвы становится практически равной или очень близкой к теплопроводности воздуха, и поверхностный пахотный слой почвы начинает играть роль изолятора тепла, умеряя потерю тепла, запасенного почвой летом, и мешая охлаждению ее зимой.

Весной такая почва быстро согревается вследствие отсутствия момента потери тепла на испарение воды с ее поверхности, благодаря неподвижности запаса волосной воды. Моменты риска вымерзания посевов в сильнейшей степени падают.

Комковатая почва при условии прочности ее комков, т. е. способности их противостоять размыву водой, почти совсем лишается неблагоприятного свойства оседания своей массы, и опасность обнажения узлов кущения совершенно устраняется; но эта способность почвы сохранять приданный ей обработкой объем может быть развита в полной мере только при условии прочности почвы.

В такой же мере от прочности комковатой структуры почвы зависит и отсутствие способности верхнего горизонта пахотного слоя увеличиваться в объеме при замерзании, связанном с разрывом корней озими. Это свойство совсем утрачивается прочной комковатой почвой. В почве, в которой весь запас

воды распределен по прочным комкам, в которой волосная вода лишена возможности свободного передвижения и в которую вода проникает в качестве капельножидкой равномерно-ускорительным движением, при обилии осенних осадков не могут обособляться горизонты с различной влажностью. Следовательно, отсутствует и стимул неравномерного расширения почвы при ее замерзании.

Вопрос о возможности культуры озимых хлебов, в особенности же благоприятное разрешение вопроса о возможности культуры европейских видов многолетних кормовых трав представляют чрезвычайно большой интерес в сельском хозяйстве Биробиджанского района с точки зрения организации севооборота. Но второй вопрос приобретает значение основного во всем строе сельского хозяйства с точки зрения борьбы с причиной главной угрозы сельскому хозяйству не только Биробиджанского района, но и всего Дальнего Востока.

Я имею в виду летние наводнения, частота и интенсивность которых, повидимому, возрастают и грозят сделать водный режим Амура похожим на режим большинства китайских рек.

Я не стану останавливаться на том колоссальном вреде, который приносят летние разливы Амура и других рек Дальневосточного края не только сельскому хозяйству, но и всему народному хозяйству, равно как и благополучию отдельных граждан, — он слишком хорошо известен. Но именно величина отрицательного значения этого явления и ясно выраженная тенденция к ее увеличению заставляют остановиться на анализе причин явления.

Если принять среднюю величину продукции органического вещества на один гектар равной 3000 кг и потребность в воде для образования одного килограмма сухого органического вещества — равной в среднем 500 кг, то получится за вегетационный период расход воды на один гектар, равный 1 500 000 кг. Так как слой воды высотой в 1 мм на поверхности одного гектара дает вес воды, равный 10 000 кг, то для обеспечения продук-

ции 3000 кг сухого органического вещества на гектар необходим в течение 150 дней вегетационного периода, равного в Биробиджанском районе 169 дням, средний суточный расход воды равный 1 мм...

В настоящее время вся поверхность Биробиджанского района, в части его, не занятой лесами, покрыта сплошным покровом бесструктурных почв. В бесструктурную почву вода осадков может проникнуть в количестве, не превышающем одной трети всего ее притока; две трети всего притекающего количества стекает по уклону поверхности. Это происходит как следствие волосного проникновения воды в бесструктурную почву. Вследствие этого в массу почвы проникает такое количество воды в среднем за один день:

	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Проникает в почву (в мм):							
среднее суточное	0,4	0,5	1,2	1,2	1,3	1,1	0,2
сумма в месяц	12,0	15,5	36,0	37,2	40,3	33,0	6,2
Недостаток (—) или излишек (+) воды (в мм)	—18,0	—15,5	+6,0	+6,2	+9,3	+3,0	—24,8

Приведенные числа ярко демонстрируют две особенности современного состояния сельского хозяйства Биробиджанского района: постоянное явление весенней засухи, во время которой вместо слоя воды в 61 мм, необходимого для развития растений, в их распоряжении имеется 27,5 мм, т. е. недостает 54,9% воды; второе — резко выраженный недостаток воды в критические периоды развития озимей, выражающийся в том, что во время осеннего кущения вместо нужных 31 мм озимые имеют

только 6,2 мм, т. е. недостает 24,8 мм, или 80% воды. Весьма понятно, что кустящаяся осенью озимая рожь не сможет достаточно развиться и окрепнуть к зиме и не будет в состоянии развить корневую систему, достаточно мощную для преодоления особенностей зимовки в условиях района. Кустящаяся весной озимая пшеница встретит не только те же неблагоприятные условия осеннего развития, но и недостаток весенней влаги в 33,5 мм, или в 54,9%. Нельзя надеяться и на пополнение весеннего недостатка воды количеством, которое получится от таяния зимнего снегового покрова. Я уже указывал на причины медленного весеннего согревания почвы, и больше вероятия за то, что тонкий снеговой покров растает и снеговая вода стечет еще до оттаивания почвы. Но даже предположив, что почва к моменту таяния снега не будет замерзшею, в нее не может проникнуть больше одной трети снеговой воды, так как почва озимого поля после осеннего и зимнего периода будет бесструктурною. Количество воды в почве весной может поэтому увеличиться на 13,5 мм, т. е. весь запас ее будет равен 41 мм вместо нужных 61 мм, т. е. недостача выразится в 20 мм, или в 32,8%. Эта величина недостачи воды в сильной степени усугубится еще и тем, что на весь период в 61 день приходится только 13 дней с осадками и, следовательно, испарение воды из почвы, помимо растения, будет сильно и запас воды в почве непрочен.

Оставшаяся, не поглощенная почвой часть осадков частью стекает по уклону поверхности почвы, частью испаряется во время этого пути непосредственно обратно в атмосферу. Количество воды, испаряющееся непосредственно в воздух, равно приблизительно 20% количества, стекающего по поверхности. Эти количества для Биробиджанского района выразятся так [см. табл. на след. стр.].

Приблизительно таков будет водный режим части площади Биробиджанского района, не занятой лесной растительностью. Под покровом леса водный режим почвы будет иным. Около

	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$^{2}/_{3}$ суточного слоя осадков (в мм)	0,8	1,0	2,4	2,4	2,6	2,2	0,4
20% испаряющегося слоя (в мм)	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1
Суточный слой стока осадков (в мм)	0,6	0,8	1,9	1,9	2,1	1,8	0,3
Сумма месячного стока (в мм)	18	24	57	57	63	54	9

25% всего количества осадков будет испаряться кроной деревьев обратно в воздух, и до поверхности почвы будет достигать лишь 75% всего количества осадков. Но все количество воды, достигшей поверхности лесной почвы, будет целиком проникать в лесную подстилку, и из ее горизонта будет частью впитываться в лесную почву, частью будет стекать по уклону минеральной почвы. Но это последнее движение будет совершаться крайне медленно, вследствие огромного механического сопротивления элементов подстилки, по толще которой совершается это движение. Водный режим лесной части Биробиджанского района выразится в таких приблизительно числах (при этом надо иметь в виду, что все количество осадков за зимний период при весеннем таянии снега целиком усваивается лесной подстилкой):

	Месяцы							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI—III
Сумма осадков (в мм)	31,8	48,4	105,6	115,0	119,5	100,0	16,8	40,4
75% осадков (в мм)	23,9	36,3	79,1	86,3	89,6	75,0	12,6	—

Положение с водным режимом необлесенной части резко меняется с обращением почвы в культурное состояние, т. е. с обращением ее пахотного слоя на нормальную глубину двадцати сантиметров в прочное комковатое состояние. В этом случае все количество осадков целиком проникает в почву по неволосным промежуткам между комками. Проникнув в массу почвы, вода частью рассасывается по комкам; если же влагоемкость комков частично насыщена и часть проникшей воды не может разместиться в комках, то эта часть остается в нижнем горизонте пахотного слоя в виде капельножидкой — гравитационной воды.

Из проникшей в массу почвы воды часть, равная приблизительно 20% всего количества осадков, испарится из поверхностного слоя комков, остальная волосная вода комков поступит в исключительное пользование растений; эта вода совершенно неподвижна. Часть воды, оставшейся в нижнем горизонте пахотного слоя в форме капельножидкой воды, начнет двигаться по уклону поверхности подпахотного горизонта. Это движение крайне медленно вследствие огромного механического сопротивления комков пахотного горизонта, в промежутках между которыми движется вода. Во время этого движения часть воды будет всасываться подпахотным слоем, и часть ее пойдет на пополнение запаса воды, израсходованного корнями растений из комков пахотного слоя. Ясно, что во все время своего движения гравитационная вода будет служить источником удовлетворения нужд растений в воде.

Водный режим комковатой почвы Биробиджанского района, не занятой лесом, можно резюмировать такой таблицей [см. табл. на след. стр.].

Имеются лишь два периода кажущегося недостатка воды в почве: осенний в —17,6 мм, который с избытком покрывается огромным запасом воды, сделанным в предыдущих месяцах, и весенний в —4,6 мм, который с большим избытком покрывается весенним притоком в 32,3 мм.

	Месяцы							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI—III
Сумма осадков (в мм)	31,8	48,4	105,6	115,0	119,5	100,0	16,8	40,4
20% испарения в мм	6,4	9,7	21,1	23,0	23,9	20,0	3,4	8,1
Проникло в почву (в мм) . . .	25,4	38,7	84,5	92,0	95,6	80,0	13,4	32,3
Испарено растениями (в мм) .	30	31	30	31	31	30	31	—
Недостаток (—) или избыток (+) (в мм) . .	—4,6	+7,7	+54,5	+61,0	+64,5	+50,0	—17,6	+32,3

Средний месячный избыток воды за май — сентябрь равен 48 мм. Так как предположенный урожай сухого органического вещества в 3000 кг требует, в грубо приближенных числах (и притом преувеличенных), в среднем 30 мм в месяц, то очевидно, что структурная почва позволяет рассчитывать на урожай, по меньшей мере, в $2^1/_2$ раза больший, чем на почве бесструктурной.

Обращаясь к водному режиму речной системы Биробиджанского района, можно представить четыре крайних случая состояния поверхности территории, приблизительно отвечающих недавнему прошлому и современному состоянию ее, возможному будущему и желательному будущему:

1) $^1/_3$ территории облесена, $^2/_3$ ее покрыты бесструктурной почвой;

2) вся территория обезлесена и покрыта бесструктурной почвой;

3) $^1/_3$ территории обезлесена и покрыта бесструктурной почвой, $^2/_3$ покрыты структурной почвой;

4) $^1/_3$ территории облесена и $^2/_3$ покрыты структурной почвой.

Как было показано выше, на облесенной территории $^3/_4$

всех летних осадков и все количество зимних осадков проникают в лесную подстилку. Из горизонта подстилки часть проникает в почву и служит отчасти для водного питания леса, отчасти служит источником питания грунтовых вод, другая часть по уклону поверхности лесной почвы прямо служит для питания системы верховьев рек. Оба последние тока воды отличаются чрезвычайной медленностью движения. Эта медленность, выравнивая все колебания притока осадков, превращает неравномерный и прерывчатый приток атмосферных осадков в равномерное питание всей речной системы в течение всего года.

Мы выше видели, что сумма ежемесячного стока с бесструктурной почвы в условиях Биробиджанского района выражается такой таблицей:

	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Сумма месячного стока (в мм)	18	24	57	57	63	54	9
Величина стока в м³ с 1 гектара	180	240	570	570	630	540	90

Принимая округло территорию Биробиджанского района равной 1 500 000 га, получим такое распределение площади при четырех предположенных случаях:

1) 500 000 га облесено, 1 000 000 га покрыто бесструктурной почвой;

2) 1 500 000 га покрыто бесструктурной почвой;

3) 500 000 га покрыто бесструктурной почвой, 1 000 000 га покрыто структурной почвой;

4) 500 000 га облесено, 1 000 000 га покрыто структурной почвой.

В этих случаях поверхностный сток со всей территории Биробиджанского района выразится такой таблицей (в миллионах куб. метров):

	Месяцы							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV—X
1-й случай . . .	180	240	570	570	630	540	90	2820
2-й »	270	360	855	855	945	810	135	4230
3-й »	90	120	285	285	315	270	45	1410
4-й »	0	0	0	0	0	0	0	0

или, выражая сток в сек/м^3, получатся следующие величины:

	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1-й случай	69	90	220	213	235	208	34
2-й » . . .	104	134	330	319	353	313	50
3-й » . . .	35	45	110	106	118	104	17
4-й » . . .	0	0	0	0	0	0	0

Нули в четвертом случае указывают только на отсутствие поверхностного стока. Питание речной системы происходит путем притока почвенной воды и грунтовой воды первого горизонта. Так как движение почвенной и грунтовой вод происходит с чрезвычайной медленностью, то подземный сток растягивается на целый год, что и является причиной полноводности рек, бассейны которых расположены в облесенных районах. Это же служит причиной незначительных колебаний уровня этих рек в течение года.

Из всего выше изложенного вытекает основной вывод, что единственное условие возможности правильной организации сельского хозяйства — придача почве прочного структурного состояния, и его поддержание принимает для Биробиджанского района категорическое значение критического условия.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ БИРОБИДЖАНСКОГО РАЙОНА

Анализ условий существования растительных сообществ, покрывающих Биробиджанский район, встречает некоторое затруднение вследствие того, что в ход эволюции природных условий местообитания этих сообществ врывается периодическое, ежегодное воздействие примитивного хозяйственного приема, носящего название «пала».

Пал представляет прием местного лугового хозяйства. При изреженном населении и недостаточной урегулированности землепользования, поселенцы, хозяйствующие на основе паровой системы земледелия, быстро достигают неизбежной в этой системе земельной тесноты, и начинается неурегулированный процесс расселения путем образования новых заимок, редкой сетью покрывающих всю территорию района. Понятно, что обработке, даже в свойственной новоселам примитивной форме, подвергается только площадь, занятая преимущественно продовольственными хлебами. Природная же кормовая площадь, вследствие ее обширности, использовалась двояким способом. Пастбищными угодиями служили пространства, непосредственно прилегающие к заимкам и поселкам, образующие кольцо поскотины. Сенокосные угодия выбирались за пределами границы поскотины на никем не используемой земле, причем в выборе сенокосных угодий руководились самыми разнородными соображениями, приводящими часто к ежегодной перемене места кошения.

Изобилие сенокосных угодий позволяло косить только один раз. Богатство атмосферных осадков, достигающее максимума в последние летние месяцы, обусловливает роскошное развитие отавы, остающейся неиспользованной. Убитые морозом побеги отавы, очевидно, могут повлиять лишь на сильное снижение кормового достоинства укоса сена будущего года, примешивая к нему большое количество выщелоченной летними дождями одеревеневшей клетчатки. Для того, чтобы избавиться от та-

кой нежелательной примеси, землепользователи, выбравшие место заготовки сена, пользуются весенними сухими месяцами и по сходе тонкого снегового покрова «пускают пал» — сжигают прошлогоднюю траву. Само собой разумеется, что пожар не ограничивается только выбранным участком, а распространяется на сотни километров вокруг населенных мест, защищенных от пожара кольцом поскотины, на котором отава уничтожена прошлогодним выпасом. Весенний пал заходит далеко в глубь лесов, но, вследствие обильного содержания соков в деревьях весной, лесные пожары по большей части бывают низовыми, уничтожая прошлогоднюю траву, лесную подстилку и губя подрост, но щадя взрослые деревья. Таким образом, не только прекращается или сильно затрудняется природное лесовозобновление, но и уничтожается лесная подстилка, что не может не отразиться отрицательным образом как на росте леса, так и на водном режиме окружающих угодий и на водном режиме всей речной системы района. Такой способ хозяйствования, продолжающийся не менее 70 лет, с начала казачьей колонизации Дальневосточного края, не мог, понятно, не оставить глубокого следа на характере состава природных растительных сообществ.

Большей степенью местного вреда, но гораздо меньшей степенью распространенности по территории отличаются осенние лесные пожары, легко возникающие по случайным причинам — неосторожному обращению с огнем охотников, дровосеков, из-за искр паровозов и т. д., и легко принимающие характер верховых пожаров вследствие сухости конца осени.

Весь растительный покров Биробиджанского района ясно подразделяется на несколько групп сообществ, отвечающих различному темпу эволюции условий их местообитания в зависимости, главным образом, от положения местообитания на элементах рельефа территории и в меньшей степени от его экспозиции.

Прежде всего, ясно отличается группа сообществ незаливаемой территории от группы сообществ ее аллювиальной части.

В незаливаемой части территории выделяются сообщества горной части, сообщества увалов и сообщества пониженных частей — сырых и сухих марей и болот.

В аллювиальной части территории выделяются сообщества повышенных гряд поймы — релок, сообщества более плоских элементов поймы, сообщества понижений между грядами, сообщества прируслового вала и сообщества нерасчлененных долин верховьев рек.

Область центральной части горных хребтов района не входила в маршрут обследования как за краткостью времени, бывшего в распоряжении экспедиции, так и потому, что обследование ее не имело прямого отношения к организации сельскохозяйственного производства района. Косвенное значение области горных лесов освещено в предыдущей главе, при анализе климатических условий района и их взаимоотношений с его водным режимом.

Условия местообитания области предгорий выражены очень ярко. Склоны хребтов представляют ту область всей территории района, в которой выпадает главная часть осадков, приносимых летним муссоном. Как было указано в предыдущей главе, количество осадков повышается по мере приближения к горам. Рядом с этим ясно выявляются другие два условия — значительная крутизна склонов и в общем более грубый механический состав поверхностных рухляковых отложений, содержащих значительное количество грубых скелетных элементов вплоть до камней, причем количество последних возрастает с глубиной вплоть до горизонта перехода рухляка в горную породу. Таким образом, при наличии горизонта лесной подстилки создаются условия глубокого и быстрого промачивания рухляковой породы и не менее благоприятные условия равномерного и сравнительно быстрого движения почвенных вод по направлению склона.

Поэтому, несмотря на то, что роскошно развивающаяся лиственная древесная растительность своими многолетними корнями охватывает огромные толщи рухляка и глубоко проникает в трещины и расселины коренных пород и, следовательно, беспрерывно вносит с опадающими элементами кроны большие количества элементов минеральной пищи растений, эти вещества поставлены в условия быстрого выщелачивания. Лесная подстилка горных и предгорных лесов Биробиджанского района богата элементами зольного питания. Это богатство определяется большим содержанием в составе коренных горных пород, слагающих массивы местных хребтов, бескварцевых основных и ультраосновных пород и пород кислых кварцевых метаморфических. Огромная разница термодинамических условий образования этих пород или их контактного метаморфоза по сравнению с современными условиями их залегания обусловливает быстроту хода их выветривания и, следовательно, и быстроту темпа освобождения элементов зольного питания растений в усвояемой форме. Это, с одной стороны, определяет роскошное развитие требовательных к условиям водного и пищевого режима широколиственных пород, а с другой стороны, обусловливая богатство лесной подстилки элементами пищи растений, определяет быстроту темпа ее разложения. Разложение лесной подстилки может совершаться исключительно под влиянием воздействия на нее грибной микрофлоры. Постоянное присутствие во всех мертвых остатках растений деревянистой растительной формации труднорастворимых дубильных веществ и их дериватов обусловливает полную невозможность разложения этих остатков путем бактериальным. Грибное разложение, как процесс биологический, очевидно, зависит, в числе других условий, от наличности источника энергии — органического вещества, и скорость течения процесса будет определяться количеством пищи, находящимся в распоряжении грибов.

При этих условиях протекает интенсивное образование кис-

лых продуктов, сопутствующих грибному разложению лесной подстилки. Порывистый водный режим почвы гор и предгорий, покрытых лесом, увлекает эти кислые продукты жизнедеятельности грибов, а равно и все продукты разложения подстилки, по направлению вниз. Грибной процесс разложения лесной подстилки, как процесс аэробный, приводит к полной минерализации всех элементов органического вещества, причем все они выделяются в форме окисленных минеральных соединений, кроме галоидов, входящих в состав солей бескислородных кислот, и кроме азота. Процесс распада азотных органических соединений под действием грибов и актиномицетов еще нельзя считать решенным. Повидимому, часть азота этих соединений переводится в аммиак, который весь потребляется упомянутыми низшими организмами, остальная часть азота выделяется в свободном состоянии молекулярного азота. Таким образом, во внешнюю среду при грибном разложении свободного аммиака не проникает, и реакция среды остается кислою. Кислотность среды приводит к полному выщелачиванию всех продуктов распада лесной подстилки. Кроме того, при нисходящем токе воды в лесной почве, кислые продукты жизнедеятельности грибов производят ряд глубоких изменений в породе, объединяемых под названием подзолообразовательного процесса.

При порывистом водном режиме горных почв и при изобилии летних осадков происходит ярко выраженный процесс выноса всех продуктов распада лесной подстилки и жизнедеятельности грибной микрофлоры. Кислые продукты последнего процесса способны только к химическому воздействию на элементы рухляка, и этот процесс находится в весьма благоприятных условиях своего осуществления, вследствие постоянного и глубокого проникновения кислой жидкости в массу рухляка и быстрого удаления продуктов взаимодействия породы и кислой жидкости. Поэтому процесс оподзоления рухляка протекает не только на большую глубину, но и с большой интенсивностью.

Совсем в иных условиях находятся биологические процессы. Глубокое проникновение кислой жидкости в рухляковую породу не встречает резкого препятствия в составе рухляка, который не представляет карбонатной породы и не может поэтому повлиять на быстрое усреднение кислотности жидкости. Поэтому единственное возможное в этих условиях появление микробиологических процессов — развитие анаэробной бактериальной жизни исключено, как требующее условия нейтральности среды, а следовательно, исключена и возможность обособления рудякового горизонта.

Развитие высшей травянистой растительности также встретит условия, мало благоприятные для своего мощного развития. Прежде всего, травянистые растения, с глубоко проникающими в почву корнями, не встретят здесь стимула для своего развития. Рудяковый горизонт здесь отсутствует, и, следовательно, отсутствует скопление на глубине фосфатов и других элементов зольной пищи растений, и отсутствует стимул для развития травянистых растений с глубокой корневой системой. Все элементы пищи растений находятся в форме раствора минеральных соединений. Этот раствор находится в непрерывном нисходящем движении. Скорость этого движения будет, очевидно, неодинакова на разных глубинах. Нижние горизонты почв горных и предгорных областей Биробиджанского района отличаются большой крупнозернистостью, причем эта крупнозернистость увеличивается с глубиной. Очевидно, что в том же направлении будет возрастать проницаемость почвы. Ясно, что скорость движения воды в верхних горизонтах будет меньше, чем в нижних.

В условиях частоты выпадения дождей в Биробиджанском районе лучшая проницаемость нижних горизонтов почвы не может играть роли критически отрицательного момента, но быстрота движения тока воды, определяемая влагоемкостью почвы, и прерывистость этого тока играют большую роль. Бо́льшая быстрота движения воды в нижних горизонтах будет

в сильной мере подчеркивать прерывистость выпадения осадков.

Так как в разбираемых условиях почвенная вода несет в растворе все элементы зольной пищи растений, то ясно, что лучшие условия питания травянистых растений будут сосредоточены в верхних горизонтах почвы, так как питание растений представляет процесс, совершающийся во времени и не терпящий перерывов. Поэтому глубоко укореняющиеся травянистые растения под пологом лесных деревьев не встречают благоприятных условий питания и заменяются всегда в условиях горного, предгорного и водораздельного залегания типом корневищевых растений. Корневищевые растения обладают неглубокою, но сильно разветвленною корневой системой, которая, развиваясь из каждого узла корневища, разносится последним в виде густой, но неглубокой сети по всей площади, занимаемой корневищевыми растениями, что превосходно отвечает условиям проникновения в почву леса зольных элементов пищи растений.

Но корневище, как стеблевой орган с чередующимися в определенном порядке почками, требует обильного притока кислорода. Эта потребность вызывает необходимость развития корневища в самых поверхностных горизонтах почвы или наличия специальных приспособлений для доставки кислорода у глубококорневищевых растений. Под пологом лесных деревьев в рассматриваемых условиях развиваются преимущественно травянистые растения с корневищами, развивающимися в горизонте лесной подстилки, и только корни их частично углубляются в почву. В этом отношении особенно резко отмечены бобовые растения лесных почв. В травянистом покрове под пологом леса травянистые бобовые всегда занимают видное место, что, очевидно, находит себе объяснение в том, что при разложении лесной подстилки в окружающую среду минеральных связанных форм азота не выделяется. Поэтому при отсутствии бобовых, усваивающих свободный азот воздуха, су-

ществование всего сообщества травянистых растений под пологом леса было бы неосуществимо. Бактерии, усваивающие свободный азот и живущие на корнях бобовых в симбиозе с последними, не переносят кислой реакции среды своего развития. Поэтому все бобовые, развивающиеся под пологом лесных деревьев, принадлежат к типу корневищевых, и их корневища и корни развиваются в наиболее поверхностных горизонтах лесной подстилки, промываемых всяким выпадающим дождем от кислотных выделений грибной микрофлоры лесной подстилки.

При наступлении фазы сомкнутого леса весь травянистый покров почвы погибает и остается только лесная подстилка. Лесная подстилка быстро разлагается под влиянием грибного разложения, и той же участи подвергаются и мертвые остатки корневищевой флоры, отложенные в горизонте лесной подстилки. Тому же быстрому грибному разложению подвергалось и все количество мертвых органических остатков, отлагавшихся в лесной подстилке корневищевой флоры во время фазы природного осветления леса. Разложение этих остатков идет очень быстро не только в результате общих свойств грибного процесса, как аэробного, но и потому, что в этих условиях района органические остатки как деревянистой, так и травянистой флоры очень богаты зольными элементами пищи растений, и грибная микрофлора может в условиях избытка органического вещества, благоприятной влажности и изобилия зольной пищи выявить максимальную энергию жизнедеятельности.

Очевидно, что в этих условиях в массе почвы не может накопиться большого количества органического вещества. Корни деревянистых растений вообще не могут в минеральной почве служить источником перегноя, корни травянистых корневищевых не встречают достаточного стимула для углубления в минеральную почву, сосредоточиваются преимущественно в горизонте лесной подстилки и только на ничтожную глубину

проникают в самый поверхностный горизонт минеральной почвы. Поэтому при случайном удалении леса эти органические остатки подвергаются быстро протекающему аэробному бактериальному процессу разложения, и не может создаться главного препятствия природного лесовозобновления — скопления большого количества органического вещества и буйного роста травянистой флоры.

При обезлесении таких горных, предгорных и водораздельных почв, путем ли рубки леса и распашки почв, путем ли пастьбы скота, уничтожающего лесной подрост, эти почвы сразу переходят в разряд худших. Приток зольных элементов с отбросами уничтоженного леса прекращается. Сама почва глубоко и сильно оподзолена, рудякового горизонта в ней нет, и урожай как культурных растений, так и природных кормовых достигает лишь ничтожной величины. Удобрения навозное или минеральное на таких почвах помочь не могут. Эти почвы не в состоянии накопить перегноя; органические остатки на этих почвах, вследствие недостатка в них элементов зольной пищи, разлагаются очень несовершенно, и почва не может приобрести прочной структурности. Бесструктурная почва не в состоянии сделать прочного запаса воды, и растение не использует внесенного удобрения вследствие недостатка воды.

Избыток атмосферных осадков, не проникший в бесструктурную почву, стекает по поверхности ее и производит то влияние на водный режим рек, значение которого для Дальневосточного края подробно освещено в предыдущей главе. Но этим не ограничивается вред обезлесения горных, предгорных и водораздельных почв. Очевидно, что ничтожный и непрочный запас воды в этих обезлесенных почвах не может служить источником тока почвенной воды, и почвы нижележащих элементов рельефа лишаются равномерности притока воды в течение всего вегетационного периода. Получается парадоксальное явление весенней и осенней засухи при избытке летних осадков, и, как будет видно из дальнейшего, далеко не исключена возмож-

ность и летней засухи при одновременном избытке летних дождей.

Сбегающий избыток не поглощенной почвою воды сносит с собою и непрочную бесструктурную почву, размывая овраги на водораздельных почвах и целиком снося весь почвенный покров горных и предгорных областей. Тонкая дернина этих почв не может оказать достаточного сопротивления механическому действию копыт пасущихся животных и размыву стремительных горных потоков, и горы обнажаются до каменных пород. Возвращение таких голых сопок в состояние облесенных представляет уже задачу трудную и не всегда выполнимую.

Почвы гор, предгорий и водоразделов должны быть отнесены к разряду «абсолютно лесных». Обращение таких почв в полевые угодия неизбежно связано с максимальной непроизводительностью труда, вкладываемого в обработку почвы на основании первой аксиомы земледелия, что количество труда, вкладываемого в обработку почвы, ни в какой мере не зависит от величины урожая. Для того чтобы получить большой урожай, малый урожай или выявить неурожай, мы должны вложить в обработку почвы одинаковое количество труда и энергии. А так как энергия оплачивается тем же трудом того же земледельца, то все и сводится к производительности труда. В обезлесенном состоянии эти почвы могут дать только выгон, настолько скудный, что пасущийся скот тратит больше энергии на собирание пищи, чем сколько может выделить энергии собранная им пища.

Только в том случае могут быть длительно и производительно использованы в сельском хозяйстве почвы гор, предгорий и водоразделов, когда на них ведется правильное лесное хозяйство лесов местного значения для лесов водораздельных и в форме массивов лесохозяйственного значения для лесов горных и предгорий.

Но, кроме использования абсолютно лесных почв на произ-

водство древесины и как базу организованных лесных производств, все лесные массивы должны быть использованы и для целей сельскохозяйственных. Под пологом осветленного леса развивается обильная травянистая флора, чрезвычайно ценная в кормовом отношении как вследствие богатства зольными элементами, так и вследствие изобилия бобовых растений. Использование этой растительности укосом возможно только в кустарном порядке и не может сопровождаться производительным применением труда вследствие значительного содержания воды в лесной траве, несовершенства условий сушки и затруднительности механизации уборки. Использование ценной травянистой флоры осветленной фазы леса в производительной форме может быть осуществлено только в виде организованной пастьбы в водораздельных лесах и в виде летних альпийских ферм в горных и предгорных лесах. Подсобное использование леса допускает максимальную степень индустриализации летнего альпийского животноводства на основе правильного приготовления навоза с применением торфяной подстилки и организованного использования водораздельных лесов пастьбой.

Само собой разумеется, что организация пастьбы в устроенных лесах требует, как безусловной предпосылки, организации искусственного лесовозобновления и ухода за лесосеками. Эти культурные приемы могут быть легко механизированы, особенно — уход за почвой, применением лесных фрезеров, особенно ценных в борьбе с орляком.

Не может подлежать сомнению, что приемы искусственного лесовозобновления и уход за лесосеками и насаждениями дадут возможность регулировать стихийную смену пород в лесах всех значений.

Одна из особенностей лесов Биробиджанского района — наличность изобильного количества липы, особенно богато развивающейся в области предгорий, настоятельно требует развития промышленного пчеловодства, которое, несомненно, окажется продуктивной отраслью хозяйства не только по при-

чине широкого мирового спроса на мед и воск, но и в смысле роли пчел, как опылителей бобовых растений, которым, несомненно, суждено иметь очень крупное значение в культурном хозяйстве Биробиджанского района.

Склоны предгорий покрыты лесами, преимущественно широколиственными; преобладающими породами в них являются клен зеленокорый, клен мелколистный, амурская липа, маньчжурская липа, белая японская береза, бархатное дерево, ясень носолистный, орех маньчжурский. Густой подлесок калины, бузины, дикого жасмина, чортова дерева, лещины разнолистной и маньчжурской и малины делают эти леса трудно доступными.

Сообщество предгорных лесов не остается неподвижным. Оно в ясно заметной форме изменяется. Эти изменения происходят по направлению сверху склонов книзу, в ясной связи с рельефами местности. Эти изменения вместе с тем представляют яркое отражение влияния относительного возраста почвообразовательного процесса области территории или, другими словами, темпа накопления почвенным покровом новых свойств в связи с его положением на элементах рельефа.

По мере движения к подошве склона скорость движения почвенной воды прогрессивно замедляется. Все элементы рельефа получают в пределах ограниченной территории одинаковое количество воды из атмосферы. Но высокие элементы рельефа получают только это количество, и часть воды неизбежно стекает как в форме поверхностных делювиальных потоков, возникающих и затухающих вместе с дождем, так и в форме длительного тока почвенной воды. Прерывистость движения делювиальных потоков вызывает неизбежность их затухания. Это затухание слагается из постепенного уменьшения массы воды, передвигающейся вниз по склону, и такого же уменьшения скорости движения этой массы. Очевидно, что вследствие такого соотношения элементов движения делювиального потока его способность передвигать по склону элементы рухляка, по

поверхности которого он движется, будет в каждом повторном случае изменяться в одном и том же направлении. В момент своего максимального развития поток будет передвигать вниз по склону сложную смесь механических элементов, начиная от наиболее крупных, доступных его наличной силе, до самых тончайших элементов глины. Только самые крупные элементы — камни, хрящ, крупный песок будут оставаться на вершинах водоразделов в виде элювия рухляка. Как только начнется неизбежное затухание потока, так тотчас из него, в порядке уменьшения крупности частиц, начнут оседать механические элементы рухляка, снесенные потоком с водораздела. Так как способность струи переносить взвешенные в ней частицы падает в несколько раз скорее падения скорости струи, то более крупные частицы быстро оседают в верхних частях склона, и на нижние его элементы и в долину выносятся только мелкие частицы пыли и глины, причем глина выносится всего дальше в долину. Повторение этого явления после каждого дождя и приводит к обособлению на элементах склонов делювиальных отложений, увеличивающихся в своей общей мощности по направлению к подошве склонов. Эти делювиальные отложения слагаются из слоев, расположенных приблизительно параллельно склону и выклинивающихся на коротких расстояниях. Так как сила дождей изменяется вне какой-нибудь закономерности, то и расположение более грубых и более мелких прослоек также меняется без какой-нибудь правильности, сохраняя лишь одну общую тенденцию к увеличению тонкости механического состава к подошве склона и в долинах.

Из предыдущего ясно, что ток почвенной воды, зарождающийся на более грубозернистых почвах водораздела и устремляющийся по склону рельефа, будет встречать все большее сопротивление своему движению вследствие возрастающей мелкозернистости породы. Ток почвенной воды, повинующейся действию силы тяжести, передвигается по сложной сети более крупнозернистых прослоек делювиальных почв. Так как эти

прослойки делаются все более мелкозернистыми и все более приближаются по своим свойствам к волосным, то понятно, что сопротивление в них неволосному движению все растет, и скорость движения воды в них все более замедляется.

Но раз поступательное движение воды замедляется, а приток воды с повышенных частей территории не прекращается, то очевидно, что мощность потока почвенной воды должна возрастать. Внизу поток почвенной воды подстилается бесструктурной трещиноватой породой. Часть воды почвенного потока устремляется по этим трещинам и служит для питания первого горизонта грунтовой воды. Но вся масса бесструктурна и поэтому водонепроницаема, т. е. она по законам волосного движения воды может промокнуть лишь до определенной глубины, зависящей от механического состава породы, и глубже вода не пойдет. Таким образом остается только направление вверх, к поверхности почвы, в которой может увеличиться мощность потока почвенной воды. Так как сопротивление делювиальной породы движению воды беспрерывно растет, приближаясь к подошве склона, то и уровень почвенной воды непрерывно повышается в том же направлении.

Но элементы склонов рельефа пользуются и притоком воды непосредственно из атмосферы и хотя в более мелкозернистые почвы склонов проникает и меньше воды, чем в крупнозернистую почву водораздела, но все-таки поток почвенной воды на склонах встретит неволосные промежутки, уже частично заполненные водой, движущейся в том же направлении. Это повлияет на еще скорейшее повышение уровня почвенной воды, и часто у подошвы склона почвенная вода выступает на поверхность в виде ключей, мочежин и т. п.

Очевидно, что подобный водный режим не может остаться без влияния и на пищевой режим почвы. Мы выше коснулись пищевого режима повышенных элементов горного (не высокогорного) и предгорного рельефа, и, не входя пока в рассмотрение пищевого режима водораздельных элементов, низменно

стей и заливных долин, остановимся на общем анализе пищевого режима склонов.

Очевидно, что замедление темпа поступательного движения почвенной воды должно прежде всего постепенно погасить прерывистость движения ее потока, который в некотором удалении от высших элементов рельефа приобретает характер постоянного тока. Таким образом установится граница области непрерывного притока элементов зольной пищи растений и кислого продукта жизнедеятельности грибов, обитающих в лесной подстилке. Из предыдущего ясно, что эта область обособляется сначала тонким горизонтом на значительной глубине и по мере приближения к подошве склона мощность ее будет расти; будет расти и абсолютное количество пищи и кислого органического вещества, и граница области будет приближаться к поверхности почвы.

Наличность постоянного горизонта почвенной воды вполне устраняет возможность проникновения кислой жидкости из непосредственно выше лежащей толщи породы, покрытой лесом, в область горизонта почвенной воды, поступательное движение которой будет вовлекать и притекающую жидкость в общее движение. Таким образом, в породе обособляются два горизонта: верхний, с переменной или постоянной, по мере приближения к подошве склона, кислой реакцией, и нижний, с постоянной нейтральной реакцией благодаря нейтрализации всей кислоты при продолжительном соприкосновении с породой.

Первым следствием нейтральности нижнего горизонта будет выпадение в осадок всего количества фосфата кальция, притекающего как сверху, так и по склону в растворе в кислой жидкости. Выпавший фосфат кальция будет продолжать движение по уклону лишь очень медленно, вследствие переменности содержания в почвенном растворе угольной кислоты, которая будет определять растворимость его в почвенной воде и содержание которой будет колебаться в зависимости от колебания температуры воды.

Вторым следствием будет возможность существования в нейтральной области бактерий, очевидно, анаэробных. Основные условия существования анаэробной жизни в рассматриваемом горизонте устойчивого запаса почвенной воды ясны. Отсутствует приток кислорода, потребляемого грибным разложением лесной подстилки на поверхности почвы леса. Вода имеется в устойчивой наличности, зольные элементы пищи в изобилии приносятся почвенным током воды. Органическое вещество — источник энергии, непрерывно притекает в форме солей органической —креновой кислоты, получившихся в результате усреднения элементами породы кислоты, выносимой нисходящим током воды из лесной подстилки. Та же органическая кислота солей служит и источником азота.

В результате деятельности анаэробных бактерий начинает обособляться рудяковый горизонт подзолистой почвы. Так как причина выпадения фосфата кальция в форме нерастворимого осадка и причина возникновения возможности развития анаэробов одна и та же, то ясно, что оба явления будут сосредоточены в одном и том же горизонте.

Результаты жизнедеятельности анаэробов совершенно ясны. Для получения энергии они должны разрушить притекающее органическое вещество. Результатом этого разрушения органической кислоты притекающих солей, очевидно, будет освобождение оснований, которые и отлагаются здесь в виде углекальциевой соли и окисей железа, марганца и алюминия. Пищевой режим анаэробов вполне обеспечен всеми элементами, кроме пищевого кислорода. Кислород органического вещества, разрушаемого анаэробами ради получения энергии, выделяется весь в форме угольного ангидрида, не могущего служить источником пищевого кислорода. На этом неизбежном недостатке связанного пищевого кислорода основано одно из существенных свойств всякого сообщества анаэробов — неизбежность восстановительного влияния их на все элементы окружающей их среды, которые могут отдать избыток содержащегося в них

связанного кислорода. В условиях подзолообразовательного процесса, в связи с влиянием на него рельефа, такими элементами в порядке легкости отдачи связанного кислорода будут две группы соединений. Наиболее легко восстанавливаемым соединением будет органическая кислота, связанная с основаниями, вымытыми ею из подзолистого горизонта — креновая кислота кренатов и серная кислота, вымываемая в виде солей из горизонта лесной подстилки. Вторыми по легкости восстановления являются окиси железа, образующие соли с восстановленной креновой, так называемой апокреновой кислотой. На третьем месте стоят свободные окиси железа рухляковой материнской породы. Последовательностью восстановления этих трех групп соединений измеряется степень восстановленности породы.

Степень восстановленности породы будет зависеть от величины количественного притока элементов пищи растений в случае анаэробных бактерий. Очевидно, что чем обильнее будет приток элементов зольной пищи растений, тем больше будет и потребность анаэробов в источнике энергии, в азотной пище и в связанном кислороде. Поэтому в самом начале области непрерывного уровня почвенной воды склонов, где условия питания еще не будут в достаточной степени равномерной выраженности, вследствие еще значительной скорости потока и возможности поэтому значительных количественных колебаний притока зольных элементов, анаэробная жизнь будет в зачаточном состоянии. Конкретные результаты этих условий выразятся в обособлении отдельных гнезд скопления карбоната кальция и окисей железа, марганца и алюминия с преобладанием того или иного соединения, в зависимости от состава первоначальной рухляковой породы. Перечисленные соединения всегда сопровождаются апокренатами тех же соединений и присутствием фосфорно-кальциевой соли. По мере приближения к подошве склона скорость потока почвенной воды замедляется и уровень его приближается к поверхности. Замедление потока,

являясь причиной уменьшения количественных колебаний притока воды, определяет и бо́льшую устойчивость пищевого режима и более высокое его количественное выражение, и эти условия будут беспрерывно нарастать по мере приближения к подошве склона. Поэтому в том же направлении будет нарастать потребление анаэробами креновой кислоты кренатов в качестве источника энергии с полным ее разрушением. В той же последовательности будет уменьшаться количество креновой кислоты кренатов, которая может служить источником пищевого кислорода для анаэробов. Поэтому в нижней поверхности рудякового горизонта анаэробы начнут пользоваться как источником кислородного питания все возрастающим книзу по склону количеством окиси железа и апокрената его, восстанавливая кренат окиси железа до степени апокрената закиси железа. Апокренат закиси железа сравнительно легко растворим в воде. Эта растворимость его вызовет два последствия. Она сделает возможной реакцию обменного разложения между фосфорно-кальциевой солью и растворимой закисью железа. Образуется апокренат кальция и фосфат закиси железа. Порода изменяет первоначальный красно-бурый цвет рудякового горизонта в серый цвет, на котором ясно будут выступать темные конкреции апокрената марганца и его окиси, образовавшейся путем процесса разрушения анаэробами креновой кислоты кремната марганца. Здесь же ярко выступают черные конкреции и дендриты марказита — двусернистого железа, образовавшегося путем восстановления анаэробами сернокислых солей в сернистые и их обменной реакции с растворимыми солями железа. Самый типичный признак этого «глеевого» горизонта — его способность принимать на воздухе синеватые или зеленоватые оттенки, вследствие способности фосфорнокислой закиси железа — вивианита растворять молекулярный кислород воздуха, причем белый в бескислородной среде вивианит принимает голубой или синий цвет.

Чем ближе к подошве склона, тем медленнее движение по-

тока почвенной воды, и тем лучше условия притока пищи анаэробов, тем энергичнее протекает их жизнедеятельность и тем большее количество креновой кислоты кренатов будет разрушаться анаэробами для получения необходимой энергии. Вследствие сказанного, в зависимости от крутизны склонов, количество отлагающихся в рудяковом горизонте апокренатов кальция, железа, марганца и алюминия будет становиться все меньше, и это отразится на консистенции рудякового горизонта. Рудяковый горизонт становится все менее уплотненным — менее каменистым; в нем все более преобладают отложения рыхлых порошковатых окисей. Только в случае карбонатных рудяковых пород будет происходить цементация рудякового горизонта выделяющимся углекислым кальцием. Источником пищевого кислорода для анаэробов будет служить свежеобразовавшаяся окись железа, а в случае исчерпания ее и окись железа породы. При восстановлении окиси железа в закись последняя, повидимому, переходит в углекислую соль, сравнительно легко растворимую в воде и, следовательно, выщелачиваемую. Одновременно здесь будет отлагаться и вивианит до тех пор, пока почва подошвы склонов облесена, а следовательно, имеет место приток фосфата кальция из верхних горизонтов почвы.

Одновременно с разобранными процессами в результате жизнедеятельности анаэробов в рудяковом горизонте выделяется продукт жизнедеятельности этих бактерий — ульминовая кислота. Ульминовая кислота отчасти выщелачивается потоком почвенной воды вниз по склону, отчасти периодически все количество ее переходит в нерастворимую форму ульмина под влиянием мороза. Ясно, что под совокупным действием выщелачивания и замерзания количество ульмина в рудяковом горизонте будет прогрессивно расти по направлению к подошве склона. В том же направлении будет влиять и усиление жизнедеятельности анаэробов по мере приближения к подошве склона. Так как в том же направлении будет нарастать и образование в рудяковом горизонте солей

закиси железа и их вымывание, то ясно, что в составе рудякового горизонта относительное количество ульмина будет беспрерывно нарастать по мере приближения к подошве склона, и в конце склона и в долине рудяковый горизонт может содержать в своем составе подавляющее количество ульмина — может обособиться горизонт перегнойного рудяка или так называемого гумусового ортштейна или гумусового ортзанда.

Вся сложность микробиологической жизни почвы склонов гор, предгорий и увалов, вытянутых в длину повышений равнинных пространств между горами, не может не отразиться и на составе высших растительных сообществ. По мере приближения к подошве склона становятся все более устойчивыми как водный, так и пищевой режим поверхностных горизонтов почвы. Это улучшение условий местообитания вызывает более сильное развитие травянистого покрова в стадии осветленного леса. Это усиление вызывает удлинение продолжительности стадии осветленного леса вследствие затруднения процесса природного лесовозобновления по причине препятствий, созданных густым травяным покровом. Растяжение срока осветленной стадии леса вместе с улучшением условий питания приводит к росту процесса накопления мертвого органического вещества в верхнем горизонте почвы. Обилие ежегодно отлагающихся остатков растений луговой формации, изобилующих зольными элементами пищи, усвоенными из обильного притока их в почвенной воде, влечет за собою бурное их разложение аэробным путем в верхнем горизонте вследствие богатого содержания элементов золы. Так как побеги луговых растений отмирают лишь при наступлении морозов, то, очевидно, разложение их будет происходить преимущественно весной будущего года, когда продукты их распада будут целиком усваиваться новыми побегами, что и поведет к прогрессивному улучшению развития каждого нового их поколения, а следовательно, и к усилению выраженности аэробного процесса

разложения их остатков. Усиление аэробного процесса в поверхностном горизонте почвы немедленно отразится соответствующим сгущением условий анаэробиозиса в массе почвы, и, следовательно, и лучшим сохранением в ней мертвых корней растений. Усиление накопления в массе почвы органического вещества не замедлит отразиться на изменении водного режима почвы. Органическое вещество обладает чрезвычайно большой влагоемкостью и соответственной медленностью волосного движения воды. Замедление волосного движения воды неминуемо вызовет два явления: замедлится удаление ульминовой кислоты, выделяемой анаэробами, и быстрее станет ежегодно затухать сам процесс анаэробного разложения, станет сильнее расти процесс накопления структурного органического вещества, и замерзание почвы встретит в ней большое количество ульминовой кислоты, а следовательно, будет расти в почве и количество аморфного ульмина. Под влиянием того же замедления движения воды уменьшится и приток воды к корням деревьев и вместе с тем уменьшится и приток к ним по трещинам породы элементов пищи, в особенности азотной.

Поэтому к деревьям с глубокими корнями станут примешиваться во все увеличивающемся по направлению к подошве склона количестве древесные породы с неглубокой корневой системой. На средней части склонов гор и предгорий Биробиджанского района начинают появляться хвойные с неглубокой корневой системой, основывающие свой водный и пищевой режим на воде и пище, задерживающихся в поверхностных горизонтах почвы. Такими являются аянская ель и восточная пихта. Характер леса меняется, к основной массе мелкокоренных ели и пихты примешивается в изобилии лишь маньчжурская липа. Под пологом теневыносливых хвойных и липы подлесок все более изреживается; в нем остаются преимущественно чубушник и лещина разнолистная. В результате затухания аэробного бактериального процесса разложения органического вещества в массе почвы появляется значительное

количество кустарникового бобового — держи-корень, корневища которого, развиваясь в поверхностном горизонте почвы, там же развивают и корневую систему, усеянную клубеньками. Бактериальное население клубеньков усваивает свободный азот атмосферы, и таким образом через опадающие листья бобовых восполняется недостаток азота — результат преобладания анаэробного и грибного процессов разложения.

Значительное накопление органического вещества и связанное с этим накопление обильной влажности и обильное накопление пищи растений в форме органических остатков вызывают появление типичных растений перегнойных почв. Здесь появляется в изобилии, хотя и не достигает мощного развития зарослей, амурский виноград.

В травянистом покрове, сильно изреженном, преобладают корневищевые осоки, но видное место занимают обитатели перегнойных почв — василистник и особенно папоротники, среди которых орляк занимает видное место. Несомненно, что частая встречаемость орляка представит некоторое затруднение при освоении этих угодий и заставит прибегать к фрезерам при уходе за лесом.

Значительное присутствие мелко коренящихся хвойных при отсутствии правильной эксплоатации леса дает в результате настолько большое количество буревала, что делает эту область лесов непроходимою.

В нижних частях склонов, где горизонт почвенной воды претерпевает замедление, в результате которого уровень его приближается к поверхности и местами выходит в виде ключей, дерновый горизонт почвы получает мощное развитие. Вместе с тем уже резко начинает выражаться подавляющее влияние луговой флоры на лесную. Появляются все чаще поляны, совершенно лишенные деревьев. В зависимости от уклона, и следовательно, от быстроты тока почвенной воды, эти поляны покрыты на более ясно выраженных склонах зарослью вейника. В местах более плоских, с более медленным током почвенной

воды заросли вейника сменяются осоковым кочкарником. Обильное накопление структурного и аморфного органического вещества и постоянный приток с повышенных элементов рельефа большого и устойчивого количества элементов пищи вызывают энергичное разложение органического вещества, отсутствие нарастания его выше поверхности почвы и развитие богатой флоры не только корневищевого вейника, но и типичной флоры богатых перегнойных почв — купальницы, волжанки, кровохлебок, чемерицы, сараны, василистника, осок и вик. Лес на таких полянах совершенно отсутствует. Растительное сообщество и без помощи древесной растительности поставлено в условия вполне удовлетворительного пищевого режима. Пища приносится с повышенных элементов рельефа в беспрерывном изобилии. Недостаток азота восполняется азотособирающими бобовыми. Избыток содержания зольных элементов в ежегодно отлагающемся мертвом органическом веществе обусловливает быстроту его аэробного разложения, и мощное развитие автотрофной корневищевой растительности обеспечивает удержание количества пищи в пределах ареала сообщества. Избыток притока элементов пищи по склону уравновешивается отложением их в форме органического вещества в растущем в своей мощности дерновом горизонте. Малейший недостаток зольных элементов у автотрофных членов сообщества немедленно покрывается соответствующим развитием микотрофной флоры богатой перегнойной почвы. Этой флоре нет необходимости развивать широкую корневую систему. Богатый субстрат, на котором она развивается, в состоянии удовлетворить ее потребности в зольной пище и из малого объема, охватываемого ее корнями. Таким образом, луговое сообщество нижних третей склонов гор и предгорий может долго — столетиями — оставаться как бы в равновесии, беспрерывно обогащая свой дерновый горизонт за счет выветривания вершин, сложенных из быстро выветривающихся ультраосновных пород, и за счет тех же продуктов выветривания, собирае-

мых глубококоренными древесными породами верхних частей склонов.

Поэтому старые древесные насаждения, изреживаясь под влиянием предельного возраста, буревала, нападения вредителей, палов, рубок и других причин, не сменяются подростом одноименной или иной породы. Они гибнут, заглушаемые могучим ростом травянистой флоры. Так же отступает и подлесок.

Живут полной жизнью только луговая флора и ее производное — дерновый горизонт.

Лежащий под ним подзолистый горизонт замер. Даже при наличии мелкокоренной древесной растительности стимул, заставляющий кислую жидкость из горизонта лесной подстилки проникать глубоко в почву. совершенно отсутствует. Корневая масса этих деревьев развивается в дерновом горизонте. Остается только то количество почвенной воды, которое проникает вниз по склону. Движение этого потока замедлительное. По мере замедления скорости потока условия воздействия уносимой им из области водораздельных подзолов креновой кислоты на материнскую породу становятся все благоприятнее в смысле продолжительности соприкосновения действующих элементов. Поэтому к подошве склона будет притекать почвенная вода, уже лишенная свободной креновой кислоты, и процесс подзолообразования здесь прекратится. Процесс глееобразования также требует непрерывного притока нейтрального органического вещества. Приток из подзолистого горизонта прекратился за прекращением самого процесса. Сохранился лишь приток апокрената закиси железа. Разрушение апокреновой кислоты апокрената будет, несомненно, итти энергичнее в средних, еще облесенных частях склона, где приток пищи более обеспечен. Поэтому к подошве склона будет притекать уже не апокренат закиси железа, а углекислая закись железа, в которую первая соль перейдет после разрушения апокреновой кислоты, входившей в ее состав. Таким образом, и глееобразовательный

процесс прекратится, и выщелачивание соединений окиси железа и защищаемых ими от выщелачивания фосфатов и других элементов пищи растений прекратится. Выходящая из этого горизонта ключевая вода будет содержать лишь более значительное количество углекислой закиси железа и при выходе на поверхность почвы быстро обратится в гидрат окиси железа работой железобактерий и простым окислением, и ключевая вода и вода горных речек поэтому отличаются большей чистотой. Прекращение глееобразовательного процесса повлечет за собою сохранение всех образований рудякового горизонта, и корни растений сообщества этой части склона не встретят препятствия для проникновения в него, преимущественно за фосфором, который здесь может оказаться в недостатке в дерновом горизонте.

На площадях этой области, сохранивших еще лесной покров, он представлен неполным насаждением мелкоукореняющихся пород, преимущественно даурской лиственницы и белояпонской березы, изредка встречается маньчжурская липа и еще реже монгольской дуб, повидимому, зашедший сюда с соседних увалов. Места, где лиственница и береза уничтожаются проникающими снизу и с полян палами, захватываются осиной.

Дальнейшие изменения сообщества склонов предгорий зависят от того, в какие элементы рельефа переходят склоны — в увалы или пади. Увалы представляют непосредственное продолжение горных склонов и сложены из делювиальных или иных сносов продуктов выветривания в горных областях. В местах выхода из области предгорий постоянных водотоков — горных рек или периодически прерывающихся горных потоков увалы прерываются падями. Как увалы, так и пади постепенно переходят и сливаются с равнинами — марями. Весьма понятно, что растительные сообщества как увалов, так и падей связаны переходами как с сообществами склонов предгорий, так и с сообществом марей.

Обыкновенно при анализе сложения растительных сообществ облесенных областей не только Дальневосточного края, но всей лесной зоны Евразийского и Американского континентов решающее значение в определении сложения растительных сообществ придают влиянию палов и лесных пожаров. Я не склонен придавать решающего значения в этом отношении огню. Сложение растительного сообщества определяется наличными условиями, создаваемыми совокупностью водного и пищевого режима. В результате этой совокупности создаются так называемые условия местообитания, которые и являются решающими как в определении сложения сообщества, так и в определении производных условий местообитания, таких, как микроклимат и т. п. Эволюция сложения растительного сообщества сводится к изменению количественного соотношения в его составе представителей трех растительных формаций — древянистой, луговой и степной с их группами. Эти изменения могут колебаться от полного отсутствия представителей группы или целой формации до исключительного их преобладания, и очевидно, что эти колебания будут верным отражением нарастания или затухания основных условий жизни количественно нарастающей или затухающей группы. Вторжение огня не может произвести глубоких, принципиальных изменений в основных условиях водного и пищевого режима местообитания; оно способно внести лишь временные, скоропреходящие изменения. Эти изменения могут лишь ускорить или замедлить темп смены одной группы другой, в зависимости от того, с каким направлением хода эволюции растительного сообщества оно совпадает. Совпадение вторжения огня с периодом затухания какой-либо группы, слагающей сообщество, очевидно, ускорит ее затухание; если вторжение совпадет с периодом нарастания группы, то оно может лишь замедлить темп процесса этого нарастания. Настоящую оговорку я предпосылаю анализу сложения растительных сообществ увалов и падей, так как на этих угодиях преимущественно проявляется, хотя

носящее почти систематический характер, но все же эпизодическое влияние палов.

Хотя по существу увалы сложены из тех же элементов рельефа — вершин и склонов, как и горы и предгория, но глубокое различие вносит характер слагающих те и другие пород. В особенно сильной степени это различие подчеркивается в Биробиджанском районе, где в горных областях преобладают ультраосновные и контактно-метаморфические породы, быстро выветривающиеся и в изобилии снабжающие элементы склонов растворимыми в воде продуктами выветривания и быстро пополняющие потери от выщелачивания на водоразделах горной области. Совершенно иные условия представляют водораздельные элементы увалов. Они сложены из конечных продуктов механического измельчения тех же пород. Петрографическое изучение механических элементов рухляка показывает, что эти породы по своему механическому составу должны быть отнесены к суглинкам с малым содержанием элементов крупнее 0,25 мм и с большей частью ничтожным содержанием элементов крупнее 3 мм. Элементы крупнее 3 мм состоят из обломков кислых, контактно-метаморфических кислых, осадочных кварцевых и контактно-метаморфических осадочных кварцевых пород. Петрографически эти элементы состоят преимущественно из кварца. Элементы крупностью от 3 мм до 0,25 мм петрографически состоят из подавляющего количества кварца. Более мелкие элементы — пыли во фракции от 0,25 до 0,01 мм состоят исключительно из кварца, что же касается фракции 0,01 до 0,001 мм, то она состоит исключительно из аморфной кремневой кислоты и только иловатая часть механических элементов мельче 0,001 мм состоит из смеси в разных отношениях каолина, окисей железа, марганца, иногда алюминия, углекальциевой соли и, повидимому, аморфной кремнекислоты. Совершенно очевидно, что при таком петрографическом составе рухляковой породы не может быть и речи о практическом значении ее выветривания для почвообразо-

вательного процесса, протекающего на ее поверхности. Порода представляет конечный продукт выветривания, устойчивый при термодинамических условиях ее образования.

Не менее ясно, что ход эволюции почвообразовательного процесса на такой породе должен претерпеть глубокие количественные изменения в темпе своего развития. Не останавливаясь на элементарных основах завоевания мертвой минеральной породы биологическими элементами суши, я начну анализ хода эволюции сложения растительных сообществ с момента наличности на водораздельных элементах лесных сообществ.

Первоначальной лесной породой, занимавшей все элементы рельефа увалов, был, несомненно, монгольский дуб. Он и до сих пор играет видную роль в сообществе в верхних, более крупных частях склонов; он сохранился на переходящих в увалы склонах предгорий и как реликт вкраплен и в современный лесной покров водораздельных плато увалов или в виде отдельных экземпляров низкоствольника, или в виде широких куртин кустарной поросли от пня.

Несмотря на могучую корневую систему, дуб, как порода светолюбивая, не мог в условиях увала долго сохранить за собой территорию. Под пологом даже полного насаждения дуба развивается травянистая растительность в ясно выраженных условиях скудного питания. Так как листопад дуба происходит осенью, и энергичное грибное разложение его богатой зольными элементами листвы протекает быстро, то осенние дожди выщелочат продукты ее разложения на склоны, ибо травянистый покров почвы в это время обладает минимальной способностью к усвоению зольных элементов. В результате такого рода сочетания условий разложение мертвых остатков травянистого покрова претерпевает затруднение вследствие бедности их зольными элементами пищи, и на поверхности почвы начинает накапливаться слой трудно разлагающегося плотного органического вещества. Этот слой органического вещества отличается значительной плотностью, так как он состоит преимуще-

ственно из остатков травянистых растений, не обладающих упругостью. Плотный слой органического вещества, обладающий большой влагоемкостью, представляет непреодолимое препятствие нисходящему волосному движению воды и вносит большое затруднение в водный режим дуба, требующего, как широколиственная порода, значительного летнего притока воды. Вместе с тем та же трудность проникновения воды в слой органического вещества создает условия хорошего промывания верхних слоев ее делювиальными водами по краям водораздельных плато увалов. Таким образом, верхние трети склонов поставлены в условия обильного притока элементов пищи как осенью, так и в течение лета, и накопляющиеся на их поверхности органические остатки, богатые элементами зольной пищи, быстро разрушаются и не могут образовать плотного слоя органических остатков, нарушающих водный режим дубового леса. Поэтому дуб наилучше развит кольцом вокруг водораздельных плато увалов на наиболее крутых частях склонов.

Накопление горизонта трудно разлагающегося органического вещества в самом поверхностном горизонте водораздельного подзола увалов и сосредоточение в нем водного режима этих почв находит отражение и в растительном сообществе, сменяющем дубовый лес. Исчезновение дуба с его глубокой корневой системой прекращает подачу новых количеств зольных элементов из нижних слоев рухляковой породы на поверхность почвы. Растительное сообщество поставлено в необходимость довольствоваться тем количеством пищи, которое заключается в органическом веществе плотного лесного войлока. Скудость содержания в нем элементов пищи обусловливает трудность его разложения и ставит автотрофную растительность в суровые условия питания. Микотрофная травянистая растительность поставлена в наилучшие условия. Ее однолетние корни не в состоянии охватить достаточного объема бедного органического вещества, чтобы удовлетворить потребности растений в пище. Единственной группой растений,

могущей создать сносную пищевую базу, может [быть] только многолетнее деревянистое растение с микотрофной корневой системой, обладающей ярко выраженным отрицательным геотропизмом. Трудность снабжения растения в течение зимы водой из горизонта влагоемкого органического вещества лесного войлока повелительно требует уменьшения зимней испаряющей поверхности, т. е. опадающей на зиму листвы. Всем этим требованиям удовлетворяет лиственница; ее мы и встречаем в качестве чистых лиственничных лесов, в которых лишь как реликты сохранились отдельные вымирающие дубы.

Травянистый покров лиственничного леса носит тоже не менее яркие особенности. Наиболее яркой особенностью его представляется одновременное развитие корневищевого злака — сподиопогона, корневищевых вик и мышиного горошка. Их развитие приурочено к главным моментам разложения опавшей хвои лиственницы. Зольные продукты разложения хвои усваиваются густой корневой сетью этих растений. Недостаток связанного азота, сопровождающий грибное разложение хвои, восполняется одновременным разложением остатков бобовых; образующийся при этом аммиак служит и для нейтрализации выделяющейся креновой кислоты. На общем фоне корневищевой флоры вкраплены типичные микотрофные представители флоры почв, богатых органическим веществом, кровохлебка, купальница, сарана, чемерица.

Все перечисленные травянистые растения принадлежат к луговой формации, существенный признак которой тот, что она накопляет в обитаемой ею среде органическое вещество. Как ни совершенно приспособление всего сообщества к использованию ограниченного количества зольных элементов, находящихся в пределах его достижения, но все же полностью это использование совершиться не может. Главных причин этого явления две. Элементы пищи в среде находятся в форме органоминеральных соединений, не растворимых в воде и поэтому не способных к осмотическому передвижению. Проник-

новение же корней во всю массу органического вещества до полного исчерпания всей зольной пищи встречает затруднение в том, что у главных растений, широко использующих органическую массу, так называемый угол отрицательного геотропизма каждого нового порядка корневых разветвлений делается все больше, и каждое молодое разветвление, способное развивать микоризу, развивается, направляясь к новым свежеобразованным слоям органического вещества. В результате комбинации этих двух причин в нижних частях горизонта органического вещества, накопляющегося над поверхностью минеральной почвы, всегда остается некоторая часть неиспользованной золы, и всякий новый нарастающий слой органического вещества содержит поэтому все меньшее количество золы — дерновый процесс переходит в свою болотную фазу.

В условиях водораздела увалов, где абсолютная величина запаса золы в органическом веществе невелика и где совершенно исключена возможность нового притока зольных элементов извне, обеднение верхних слоев органической массы пойдет очень быстро. Это прежде всего сказывается на развитии лиственницы. Новые поколения ее мельчают, древостой изреживается. Лиственница сменяется белой японской березой, у которой при хорошо развитой корневой системе гораздо меньше развиты ствол и крона. Далее и белоберезник сменяется так называемым «ерником» — овальнолистной березой, образующей уже только кусты. Под пологом березы изменяется и травянистая флора. Исчезают микотрофные травянистые. Корневищевые злаки сменяются корневищевыми осоками, дающими меньшую надземную массу; эти сменяются еще менее требовательными зелеными мхами.

Вследствие большой бедности зеленых мхов элементами золы, их разложение идет очень медленно, что вызывает появление группы вересковых растений с очень обширно развитой корневой системой и ничтожной по размерам кроной — голубики, брусники, багульника, подбела; такими же особенностями

развития обладают и приземистая и ползучая ивы. Зеленые мхи сменяются также автотрофными сфагновыми мхами.

На склоны увалов, на которые оттесняются с водоразделов дуб и черная береза, притекает уже большее количество элементов зольного питания, частью в виде почвенной воды, напор которой может быть настолько силен, что придает почве окраин водоразделов характер плывуна и заставляет ее по краям водоразделов выпучиваться и образовывать бугры. Отчасти зольные элементы притекают и в делювиальных потоках, которые легко образуются на непроницаемом для воды слое органического вещества вершин увалов. Приток зольных элементов обусловливает хороший рост травянистого покрова, состоящего из корневищевых злаков — сподиопогона, вейника и рыхлокустового тонконога, корневищевых вик, большого количества полыней, подмаренника, корневищевых осок, ломоноса и небольшого количества обитателей почв, богатых органическим веществом, — василистника, ясенца. Хорошо питающиеся растения отлагают богатое зольными элементами органическое вещество, быстро разлагающееся и не образующее плотного слоя лесного войлока. В результате все сообщество приобретает чрезвычайную устойчивость, и, несмотря на палы, дуб в этой области процветает.

По мере приближения к подошве склонов увалов повторяется в общем тот же комплекс процессов, который был разобран выше, при анализе эволюции растительных сообществ склонов предгорий. Уровень почвенной воды все более приближается к поверхности почвы, и все устойчивее становится водный и пищевой режим травянистых растений. По мере улучшения условий местообитания травянистых все более затрудняется природное лесовозобновление, и лес постепенно уступает свое место лугу. Лишь отдельными разрозненными останцами встречаются деревья даурской лиственницы и белой березы. Здесь в сильной степени сказывается непрерывный приток солей закиси железа, вымываемых с подошвы склонов, и это наклады-

вает определенный отпечаток на травянистую флору; появляются специфические растения с сильно развитой аэренхимой, проводящие кислород, выделяемый их хлорофиллоносными клетками, к корням, на которых, под влиянием притока кислорода, развивается сообщество железобактерий, окисляющих соли закиси железа в охру, которой изобилует отлагающееся в почве органическое вещество. Такие растения: тростник, хвощи, вахта и крупные осоки, образующие высокие кочки. Между кочками осок развиваются в выступающей воде (почвенной) свободно живущие железобактерии, отлагающие охру в виде хлопьев.

Эти пади между увалами и сами увалы, постепенно понижаясь, сливаются в обширные равнины — мари, прорезанные по большей части тальвегами или соединенными между собою четкообразно мелкими западинами и имеющие общий уклон к рекам.

Не подлежит сомнению, что вся площадь марей была покрыта лиственницей. Еще в настоящее время на поверхности мари встречаются отдельные деревья и рощицы старых экземпляров даурской лиственницы, часто встречаются ветровальные экземпляры. Еще чаще встречается сменяющая лиственницу белая береза.

По существу пространства марей отличаются от водораздельных плато увалов лишь в двух отношениях. Мари отличаются гораздо большей протяженностью, и к марям беспрерывно притекает с предгорий и увалов поток почвенной воды, отличающийся чрезвычайным постоянством и несущий в себе все элементы пищи, не использованные растительными сообществами вышележащих элементов рельефа.

Постоянный ток почвенной воды находится под гидростатическим давлением. Благодаря значительной разнице высот между областью начала потока и областью мари и благодаря значительно большему количеству атмосферных осадков, выпадающих в предгорных областях, гидростатическое давление, под которым находится поток грунтовой воды, довольно высоко.

Этому давлению противопоставляются три рода сопротивлений в почвенном покрове мари. Прежде всего — сопротивление нижележащей бесструктурной рухляковой породы. Движение воды по волосной массе этой породы совершается по закону равномерно замедлительного движения и совершенно не зависит от давления — эта порода совершенно непроницаема. Второй род сопротивления создается величиной трения о структурные элементы массы почвы, по которой движется поток почвенной воды. Так как масса породы, лежащей впереди движущегося потока, очень велика, то и сумма этого сопротивления также очень велика, что и выражается в медленности поступательного движения потока. Наименьшее сопротивление сосредоточивается в незначительной массе почвы, лежащей непосредственно выше потока. Под избытком давления вода потока проникает между элементами структуры и агрегатами почвы и придает ей характер плывуна. Верхняя поверхность почвы мари покрыта плотным и густым переплетением живых и мертвых корневищ, побегов и корней и представляет, в свою очередь, большое сопротивление на разрыв и растяжение, поэтому вся масса почвы мари как бы набухает и создает впечатление упругой, податливой поверхности сырой мари. Но понятно, что дернина мари не может представлять однородной толщины и крепости. В тех местах, где покров дернины мари утоняется или где он менее плотен и связан, давление почвенной воды приподнимает его на бо́льшую высоту, чем в остальных частях поверхности мари и образует характерные бугры мари — возвышения округлой или овальной формы диаметром 1—2 м и высотою в 10—20 см. В наиболее слабых местах дернины она может разрываться трещинами в 2—5 см ширины. Эти трещины могут заполняться почвой, выжимаемой снизу в виде плывуна давлением почвенной воды, или разжиженная почва может изливаться из трещины на поверхность дернины. Понятно, что образование бугров мари должно получать более сильное выражение во всяких понижениях в общем плоского рельефа

мари вследствие уменьшения в понижениях сопротивления более тонкого слоя почвы, лежащего выше потока почвенной воды.

Поток почвенной воды, несущий постоянный запас зольной пищи растений, определяет мощное развитие луговой растительности, интенсивное развитие которой все более и более затрудняет природное лесовозобновление древесной растительности и, наконец, совершенно ее вытесняет. Ежегодные палы ускоряют природный процесс обезлесения мари. Удаление древесной растительности из растительного сообщества мари не вносит в первое время заметных изменений в жизнь мари. В ранние периоды завоевания поверхности мари биологическими элементами суши участие древесной растительности с положительным геотропизмом корней играло критическую роль. Без помощи корневой системы этих деревьев, глубоко проникающей в массу рухляковой породы, в ее поверхностных горизонтах не могло бы осуществиться обособление существенного признака почвы — концентрация в поверхностных горизонтах породы элементов зольного питания растений. По мере обогащения верхних горизонтов почвы пищей растений пионеры древесной растительности были вытеснены деревьями с корнями, обладающими отрицательным геотропизмом, основывающими свой пищевой режим на запасах пищи, сконцентрированных в верхних горизонтах почвы. Преимущество в легкости получения пищи было, очевидно, на стороне вторых. В дальнейшем очередь пришла и деревянистым растениям с поверхностной корневой системой, и обильное развитие травянистой растительности положило предел и их природному лесовозобновлению. В растительном сообществе мари остались лишь три группы растений. Растения автотрофного типа питания, из которых главными в порядке частоты встречаемости являются: злаки — два вида вейника, тонконог, собачья полевица, сподиопогон, арундинелла; других семейств — несколько видов корневищевых осок, земляничная лапчатка, подмаренник, синюха, несколько видов полыни, очиток; из ра-

стений микотрофного типа питания — саранка, или желтая лилия, купальница, кровохлебка, чемерица, валериана, бузульник, купена, хвощ; из бобовых — пятилистный клевер, вика амурская, мышиный горошек, болотная чина. В богатой зольными элементами почве мари роль лиственницы, охватывающей своими широко раскинутыми микотрофными корнями большие поверхности почвы, может быть без ущерба для сообщества заменена ограниченной по площади распространения корневой системой травянистых микотрофных. Присутствие большого количества бобовых необходимо, потому что при разложении грибницей микоризы микотрофных растений органического вещества все количество азота его, кроме того, которое потребляется самой грибницей, выделяется в форме свободного азота, и без помощи бобовых все это сообщество ощущало бы острую нужду в азотной пище. На основе аэробного бактериального процесса разложения поверхностного органического вещества, отлагаемого травянистыми микотрофами и бобовыми, развивается обильный покров автотрофных злаков, из которых тонконог преимущественно покрывает выходы подзолистой почвы, выдавленной из трещин дернины мари.

Вся травянистая флора мари принадлежит к луговой растительной формации и как таковая обогащает дерновый горизонт почвы мари ежегодно новым количеством мертвого органического вещества. По мере накопления органического вещества усиливаются условия анаэробиозиса, и процесс накопления органического вещества поэтому возрастает в прогрессивном порядке, дернина мари утолщается и уплотняется. Уплотнение дернины и накопление под влиянием анаэробного процесса и промерзания почвы аморфного перегноя влечет за собой увеличение влагоемкости и, следовательно, трудность ее промывания атмосферными осадками. Под влиянием создавшихся условий затрудняется вымывание из дернины мари креновой кислоты, выделяемой грибницей микотрофных травянистых,

и в нижнем, наиболее плотном слое дернины количество креновой кислоты настолько увеличивается, что деятельность микоризы должна прекратиться. Таким образом, корни растений перегнойных почв принуждены ограничить свою работу только верхними слоями дернины, и в нижних ее горизонтах остается в неподвижном состоянии все оставшееся неисчерпанным количество зольных элементов.

Очевидно, что вновь образуемое корнями микотрофов органическое вещество должно отлагаться выше отравленного креновой кислотой слоя, в котором уже прекратилось проникновение корней, и ясно, что вследствие изъятия из обращения части зольных элементов количество их во вновь отлагающемся органическом веществе должно уменьшиться. Таким образом, толщина дернины должна нарастать исключительно с поверхности, и содержание зольных элементов в новых слоях органического вещества должно уменьшаться. Процесс нарастания органического вещества выше минеральной почвы — нарастания торфа — должен итти прогрессивно, ибо процесс аэробного разложения органического вещества с поверхности будет совершаться все с меньшей интенсивностью вследствие уменьшающегося по мере нарастания торфа содержания в нем зольных элементов пищи бактерий.

Процесс обеднения верхних горизонтов торфа на поверхности мари скоро достигает такой степени, что травянистые микотрофы своей незначительной по ширине захвата корневой системой не в состоянии обеспечить своего процветания необходимым количеством зольной пищи. Богатые же запасы золы нижних горизонтов для них недоступны вследствие накопления в них креновой кислоты. Ухудшение питания микотрофов немедленно отразилось и на ухудшении тех же условий и всех других членов сообщества. Ослабевшее сообщество не могло противостоять новому вторжению деревянистых микотрофов с широко раскинутой многолетней корневой системой. Бедность питательного субстрата обусловила проникновение

лишь таких деревянистых, у которых, несмотря на сильно развитую в длину корневую систему, надземные части имеют лишь характер более или менее приземистых кустов. Такими на поверхности мари являются ерник или овальнолистная береза, приземистая ива и ползучая ива.

Следует отметить полное отсутствие на мари плотнокустовых злаков, чем мари Дальневосточного края резко отличаются от аналогов их в Европейской части Союза — заболоченных суходольных лугов. Плотнокустовые злаки обладают узлами кущения, расположенными выше поверхности почвы, и при бесснежных зимах и сильных морозах легко подвергаются вымерзанию; поэтому роль плотнокустовых злаков в области мари выполняется микотрофами других семейств, у которых органы вегетативного воспроизведения расположены ниже поверхности почвы, защищающей их от высыхания в то время, когда корни их лишены возможности пополнить убыль воды.

Морозы Дальневосточного края в сильной степени влияют также и на ход развития болот, в которые эволюционируют мари. Как только зольность обособляющегося на поверхности мари слоя осоково-злакового торфа начинает уменьшаться и разложение его поэтому становится медленнее, так поверхностный горизонт его приобретает бо́льшую рыхлость по сравнению с более ранними его слоями, составные элементы которых вследствие более сильного разложения в большей степени утратили свою упругость. Рыхлость этих верхних слоев еще усиливается возрастающим количеством деревянистых элементов, входящих в состав торфа. Вследствие такого изменения консистенции торфа изменяется в сильной степени его тепловой режим. Весной тонкий снеговой покров быстро стаивает, и верхний рыхлый слой торфа быстро высыхает, и так как вследствие своей рыхлости и упругости все промежутки его заполнены застойным воздухом, то и теплопроводность его очень мала — равна теплопроводности воз-

духа. Вследствие таких свойств болота мари Биробиджанского района летом не оттаивают глубже 30—40 см. Понятно, что зольные элементы промерзшего и неоттаявшего слоя совершенно недосягаемы для корней растений, и в результате этого явления выражение процесса обеднения верхних слоев торфа зольной пищей растений становится еще ярче. Таким образом, уже по достижении слоем торфа мощности в 40—45 см верхний слой его достигает такой степени бедности пищей растений, что обычные деревянистые растения мари, несмотря на свою хорошо разветвленную поверхностную корневую систему, не в состоянии собрать достаточного количества зольных элементов для образования своей сравнительно большой кроны и заменяются группой вересковых растений. Вересковые растения — багульник, голубика, подбел, брусника обладают еще более широко развитой корневой системой и, кроме того, многолетними листьями на очень небольшой кроне. Такая экономия в расходовании зольной пищи, очевидно, не может не отразиться и на пищевом режиме автотрофной растительности болота, питающейся продуктами разложения опадающих отживших частей деревянистой флоры. Поэтому чрезвычайно быстро прежние автотрофные злаки и осоки сменяются мхами. Процесс обеднения поверхности идет настолько быстро, что период господства зеленых мхов протекает почти незаметно, и почти сразу наступает господство сфагновых мхов. Среди массы сфагнума вкраплены в подчиненном количестве микотрофные — топяная осока, топяной хвощ, касатик, некоторые орхидейные и автотрофные пушицы, вейник и вахта.

Сырая марь таким путем эволюционирует в болото, причем этот процесс протекает особенно быстро вдали от склонов увалов или предгорий, куда в меньшей степени проникают с потоками почвенной воды зольные элементы, вымываемые со склонов и перехватываемые растительностью более близких к склонам участков мари. Также в большей мере выражен процесс перехода мари в болото в начале склонов к тальвегам,

прорезающим марь, вследствие ускорения здесь тока почвенной воды и, следовательно, одновременного понижения уровня почвенной воды; в результате получается и абсолютное уменьшение количества зольной пищи и меньшая ее доступность для растений.

После того, как болота мари достигнут стадии сфагнового болота, процесс их дальнейшей эволюции приобретает очень быстрый темп. Покров живых сфагновых мхов при наличности засушливых весен, отличается еще большею нетеплопроводностью. Вследствие этого повышается верхняя граница мерзлоты, и процесс уменьшения количества зольной пищи, находящейся в распоряжении флоры болота, быстро прогрессирует. Наконец, наступает период вымирания высших микотрофных обитателей болота, а за ними сфагнума, целиком зависящего в своем питании от развития первых. Болото начинает отмирать, его поверхность чернеет, и на мертвом торфе способен найти питание лишь накипный лишайник охролехия.

Обнажившаяся темная торфяная масса сильно реагирует на внешние условия: весной она сильно высыхает и вследствие чрезвычайно медленного волосного движения воды по массе торфа и значительного сокращения объема торфа при высыхании — все болото покрывается сетью зияющих трещин, и масса торфа между трещинами распадается на мелкие комочки, приобретая так называемую пороховидную структуру. Раз высохший торф не впитывает холодной воды, комочки его вследствие незначительного удельного веса и значительного содержания в них воздуха плавают по поверхности воды. Поэтому ежегодно, при наступлении периода дождей, нередко носящих характер ливней, масса воды лишь медленно проникающая в неразрыхленные нижние слои торфа, образует обильные надземные потоки и сносит всплывшие комочки торфа в реки, по которым они дальше уносятся в океан. Таким образом, постепенно, начиная от тальвегов, болото освобождается от своего покрова бесплодного торфа. Палы и пожары

в значительной мере помогают процессу освобождения болота от верхнего слоя.

Когда поверхностный бесплодный слой болота мари тем или иным путем будет удален, на поверхности болота мари окажется слой торфа, богатого зольными веществами. Богатый пищей слой торфа начнет подвергаться с поверхности бурному аэробному разложению, так как креновая кислота, содержавшаяся в нем, будет выщелочена после растрескивания его поверхности. Богатый запас минеральных форм пищи повлечет роскошное развитие автотрофной флоры, преимущественно корневищевой, развитию которой будет способствовать глубокое разрыхление торфяного горизонта. Глубина разрыхления почвы болота после занятия ее автотрофной флорой зависит от перемещения испаряющей поверхности почвы с дневной поверхности на глубину распространения корней. Эта глубина будет постепенно возрастать по мере углубления корней, проникающих все глубже в силу гидротаксиса.

Флора такой сухой мари гораздо разнообразнее сырой мари. Она, главным образом, слагается из автотрофных растений; в числе их преобладают злаки: два вида вейника, арундинелла, сподиопогон, и рыхлокустовые: собачья полевица, желтеющий овес, тонконог. Бобовые встречаются в гораздо меньшем количестве, чем на сырой мари, среди них главные· пятилистный клевер, амурская вика, мышиный горошек, ложная чина. В числе автотрофного разнотравия — настоящий подмаренник, герань, колокольчики, бубенчики, гвоздика, земляничная лапчатка, несколько полыней, очиток. Микотрофные травянистые играют совсем подчиненную роль — среди них купена, вероника трубкоцветная, чемерица, бузульник, купальница. Деревянистые растения совсем отсутствуют.

По мере эволюции сухой мари разложение торфяной почвы, богатой зольной пищей, происходит очень интенсивно, чему в значительной мере способствует богатое развитие роющей

фауны; в значительном количестве поселяется земляной заяц или бурундук. Обильное развитие корневищ, богатых запасным питательным материалом, вызывает обильное развитие червей и личинок и их непременных спутников — роющих насекомоядных. Все животное население на зиму уходит глубоко в минеральную породу и производит систематическое перемешивание остатков торфа с минеральной породой.

На место разложившегося торфа обильная флора сухой мари, принадлежащая к луговой растительной формации, ежегодно оставляет в почве новое количество органических остатков, и в конечном результате обособляется новый структурный дерновый горизонт, постепенно сливающийся с нижележащим подзолистым. Мощность дернового горизонта сухой мари колеблется от 15 до 20 см. По мере накопления органического вещества в почве сухой мари, начинают развиваться деревянистые микотрофы в форме невысоких кустов разнолистной лещины.

Весь комплекс растительности поймы Амура и его больших притоков в Биробиджанском районе слагается в несколько растительных сообществ в результате совокупности условий местообитания, определяемой, в основном, рельефом местности.

Пойма Амура и всех рек Биробиджанского района принадлежит в настоящее время к типу слоистой поймы. Тип поймы определяется режимом разлива реки, и, если во время разлива устанавливается ток речной воды по всей поверхности поймы, в результате отлагаются слоистые пойменные наносы. Вследствие неизбежной разницы скоростей течения на всем поперечном профиле поймы, определяемом, в основном, рельефом дна всего потока во время разлива и поворотами реки, устанавливается ряд приблизительно параллельных потоков, движущихся с различной скоростью. Более медленно движущиеся потоки беспрерывно отстают от более быстро движущихся, и последние беспрерывно заполняют образуемое впереди отстающих потоков пространство. При беспрерывном возникно-

вении этих вторичных вихревых струй они, очевидно, заносят с собой по инерции движения и все то количество взмученного материала, которое они несли с собой. При постепенном уменьшении скорости движения воды более быстрого потока, проникшей в область более медленного движения воды, в нем будут продолжать движение только те взмученные частицы, гидравлический коэффициент которых меньше того, который соответствует скорости движения воды медленнее движущегося потока. Все частицы с бо́льшим гидравлическим коэффициентом, т. е. более крупные, осядут на дно медленнее движущегося потока. Все же частицы с гидравлическим коэффициентом меньшим того, который соответствует скорости струи самого медленного потока наличного разлива, будут отнесены из области поймы в водоприемник, принимающий воды реки. Из сказанного следует, что все частицы мельче 0,001 мм, гидравлический коэффициент которых для чистой воды равен 0, будут снесены с области слоистой поймы, и на ней не могут отложиться глинистые элементы. Далее следует, что на поверхности поймы будут отлагаться приблизительно параллельно направлению течения реки гряды пылеватых или мелкопесчаных элементов. Так как разливы рек бывают весьма различной силы, то наиболее удаленные от меженного русла части поймы, которые вместе с тем и самые возвышенные по отношению к меженному уровню реки, вследствие проникновения в них делювиальных сносов, будут в некоторые годы покрываться очень тонким слоем воды, имеющим очень медленное течение, и, очевидно, в этой части будут отлагаться самые мелкие осадки, и гривы там будут иметь наименьшую высоту.

В зависимости от процесса наноса пород, слагающих пойму рек Биробиджанского района, эти породы все представляются сложенными из пылеватых и песчаных элементов, более крупных близ русла и более мелких близ коренного берега. Пылеватые и мелкопесчаные элементы состоят почти исключительно из квар-

ца и аморфного кремнезема, и почти единственным источником зольных элементов пищи растений в них представляются наносимые той же водой разлива органические остатки, преимущественно деревянистого происхождения.

Чрезвычайная бедность пылеватой породы и содержание в ней зольной пищи растений в виде чрезвычайно мелких, равномерно рассеянных по всей толще породы очагов органического вещества определяют собой характер основной флоры поймы. Только микотрофная растительность с глубокой многолетней корневой системой в состоянии собрать достаточное количество зольной пищи в бедной породе. Вся слоистая пойма была первоначально покрыта древесной растительностью с корневой системой, обладающей положительным геотропизмом. Такими деревьями в Биробиджанском районе преимущественно являются монгольский дуб и черная даурская береза, к ним примешаны в меньшем количестве амурская и маньчжурская липы, и редко встречаются мелко укореняющиеся осина и белая японская береза. Леса эти светлые, и в них хорошо развит подлесок разнолистной маньчжурской лещины и шиповника. Грибное разложение мертвых остатков деревьев, создавая недостаток азотного питания, вызывает обильное развитие бобовых, как кустарниковых — держи-корня и амурской маакии, так, в еще большей степени, травянистых — ложной чины, амурской вики, мышиного горошка, однолистной вики, жилковатой вики, пятилистного клевера, крылатой и пятинервной чины и китайского астрагала. Быстрое разложение лесной подстилки, приуроченное у лиственных пород преимущественно к весне, вызывает развитие обильной автотрофной флоры, в которой главная роль принадлежит злакам — вейникам, сподиопогону, лесному мятлику, собачьей полевице, красной овсянице, овсу желтеющему, тонконогу. Как всюду на слоистой пойме, большим числом видов представлено автотрофное разнотравие — иван-чай, ясенец, атрактилис, головчатые и крупноцветные колокольчики, бубенчики, ландыш,

настоящий и северный подмаренники, полыни, очиток, вороний глаз, герань, корневищевые осоки, огоньки, володушки. Обильное развитие автотрофной флоры луговой растительной формации вызывает, несмотря на легкий пылеватый состав почвы, накопление в ней органического вещества, что, в свою очередь, вызывает не только появление упомянутой выше мелкокоренной древесной растительности — осины, белой японской березы, лещины и шиповника, но и разнообразную видами микотрофную травянистую флору — орляк, ломонос, василистник, вероники — сибирскую и трубкоцветную, кровохлебку, купену, лук, лесной хвощ, саранку, чемерицу, пион, пазник.

Такая флора сохраняется на вершинах и склонах грив (по-местному — рёлок), расположенных ближе к руслу рек, где отлагаются более крупнозернистые почвы, в которых преобладание аэробного процесса разложения в сильной степени замедляет накопление органического вещества.

На гривах, более удаленных от русла реки, отложенных из более мелких элементов, водный режим менее порывистый, влагоемкость почвы больше, вследствие чего аэробный процесс разложения органического вещества уступает место анаэробному, что и влечет за собою накопление органического вещества. На таких гривах, обыкновенно менее высоких, глубококоренящиеся породы, по причинам, освещенным выше, сменяются породами мелкокоренящимися. К таким древесным породам в Биробиджанском районе принадлежит белая береза и реже встречающаяся на гривах даурская лиственница; здесь же распространены осина и тополь; в подлеске широко распространена бредина.

Бобовые в этом сообществе представлены амурской викой и крылатой чиной. Автотрофные травянистые представлены осоками, настоящим и северным подмаренником, иван-чаем, синюхой, полынями; микотрофные — кровохлебкой и купальницей.

Обильный приток почвенной воды с верхних частей грив, покрытых дубовыми лесами, вызываемый прерывистым водным режимом крупнопылеватых почв, их слагающих, служит причиной сгущения в почве нижних частей их склонов условий преобладания анаэробиозиса и, как следствие его, накопления органического вещества. Поэтому дубовые леса высоких приречных рёлок в нижних частях склонов всегда бывают окаймлены полосой белоберезового леса, аналогичного по сложению только что описанному сообществу невысоких, удаленных от русла грив. Иногда к этой полосе примыкает в самой подошве склона полоса, лишенная деревьев, которые замещаются ерником — приземистой, овальнолистной и кустарниковой березами и приземистой и ползучей ивами.

Пониженные области слоистой поймы — лога заняты чрезвычайно простым по сложению сообществом, состоящим из почти чистого сообщества двух видов вейников — лангсдорфова и коротковолосого, с небольшой примесью собачьей полевицы и изредка с кустиками приземистой ивы. Эта растительность образует мощную оторфянелую дернину толщиною в 15—30 см. Только у самой подошвы грив, из почвы которых беспрерывно притекает почвенная вода, содержащая в растворе закисные соли железа, развито нерезко выраженное сообщество травянистых растений с мощно развитой воздухопроводящей тканью; на корнях этих растений развивается сообщество железобактерий. Из таких растений наилучше представлены тростник, манники, крупные кочкообразующие осоки и вахта; к ним обыкновенно примешиваются маньчжурская пушица, купальница, звездчатка и болотная чина.

Этим исчерпывается состав и сложение растительных сообществ, под пологом которых слагается почвенный покров Биробиджанского района.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ БИРОБИДЖАНСКОГО РАЙОНА

Материнские породы, на которых обособились почвы Биробиджанского района, по роду их образования делятся на три группы. Породы горной области, породы незаливной равнинной части района и породы аллювиальной области района.

Породы горных областей представляют продукт непосредственного выветривания на месте коренных пород. слагающих горные хребты района. В образовании гор преобладающими породами являются бескварцевые основные базальты и андезиты. Гораздо более подчиненными по распространенности представляются сиениты и граниты и еще более подчиненную роль играют контактно метаморфические слюдистые сланцы и песчаники. В зависимости от характера коренной породы изменяются и свойства материнских пород — продуктов выветривания коренных пород. В ограниченных по распространенности местах преобладания метаморфических пород, преимущественно в областях предгорий, образуются грубые скелетные почвы с большим количеством крупных обломков трудно выветривающихся кварцевых.пород. Такие мы видим на вершинах отрогов хребта Чурки (№ 19508), где уже на глубине 13 см залегают грубые обломки, пересыпанные скудным мелкоземом, на склонах восточных отрогов хребта Шуки-Поктой (№ 19235), на отрогах Малого Хингана (№ 19667).

Гораздо бо́льшим распространением пользуются материнские породы, образовавшиеся путем разрушения сиенитов и гранитов. Их мы видим, например, на отрогах Шукинского хребта, где на вершинах они образуют желтые и красные хрящеватые суглинки (№ 19218—20), на юго-восточной оконечности Малого Хингана в области вершин (№ 19671—72), на разрушающемся сиените, там же на гранитогнейсе (№ 19677—78), на отрогах хребта Шуки-Поктой на метаморфизированном сиените (№ 19791—93). Эти породы резко отличаются от предыдущей группы, образующей песчаные породы, тем, что они пред-

ставляют всегда или супеси или суглинки в случае происхождения их из гранитов, в зависимости от содержания в граните кварца и в зависимости от степени выветренности коренной породы. В случае образования материнской породы из сиенита, в зависимости от степени его выветренности, образуются или суглинки или глины желтого или красного цвета, в зависимости от преобладания в породе слюды или минералов группы авгитов и роговых обманок.

В подавляющем преобладании представлены материнские породы горных и предгорных областей и отчасти и увалов, образующих переход от предгорий к равнинам, продуктами выветривания бескварцевых основных пород — андезитов, базальтов и производных последней группы. Вследствие огромной разницы термодинамических условий образования этих коренных пород и тех же условий, в которых они оказались по выходе их на земную поверхность, выветривание их происходит с чрезвычайной быстротой. В результате их выветривания, вследствие отсутствия в них свободной кремневой кислоты в виде кварца, получается мягкая глинистая порода тонкоагрегатной структуры; такие породы принято называть или лёссовидными суглинками, или лёссовидными глинами, в зависимости от степени выраженности их агрегатной структуры. В связи с преобладанием в них минералов группы авгитов, пироксенов и роговых обманок, цвет породы, получающейся в результате их выветривания, обыкновенно желтый. Образцы таких материнских пород, в которых еще сохранились все переходы от коренной породы — базальта к желтой лёссовидной глине, представлены на сопках хребта Ульдур (№ 19827, 19830—31). Такая же порода представлена на отрогах хребта Шуки-Поктой (№ 19799—800). При обезлесении гор и последующем сносе поверхностных горизонтов почвы, выступающая на дневную поверхность материнская порода, легко сносимая и беспрерывно и легко возобновляющаяся, образует так называемые желтоземы.

Материнские породы склонов гор, предгорий, вершин увалов и их склонов представляют по большей части последнюю породу, иногда с примесью обломков более трудно выветривающихся кварцевых пород и чаще с примесью хряща пород кислых алюмосиликатных. Примесь этих грубых элементов находит себе объяснение в делювиальных и иных процессах переноса рухляка выветривания. Понятие о составе таких материнских пород могут дать юго-восточный склон сопки «Лиственничный мыс» в южных склонах Малого Хингана (№ 19963), седловина у горы Острая Маячка (№ 20094), склон сопки восточных отрогов хребта Шуки-Поктой (№ 19235), подошвы хребта Шуки-Поктой у реки Шукинки (№ 19786—88), верховья пади Сивачи (№ 19499—501), начало шлейфа южного склона хребта Ульдур (№ 19805—07), гряда у подножия южных отрогов хребта Шуки-Поктой (№ 19924—27), шлейф хребта Большие Чурки (№ 20052), вершина водораздела реки Малой Ушумуни и ее притока (№ 19935—37), водораздельное болото реки Козлихи (№ 20159), склоны увала у моста через реку Шукинку 1-ю (№ 19227—28, 19232), подошва водораздела реки Малой Ушумуни (№ 19941—42), подножие горы Острой Маячки (№ 20084—85).

Материнские породы пойменных грив носят, в общем, иной характер, чем материнские породы внепойменных пространств. Они в более высоких гривах сложены из песчаных пород—более или менее сортированных песков. Понятно, что генетической связи между песками поймы Амура и коренными породами Биробиджанского района нет, так как пески эти нанесены из более высоких областей течения реки. Пески, слагающие гривы рек Биджана и Биры, сложены преимущественно из кварцевых зерен с небольшой лишь примесью зерен алюмосиликатов и часто слюды (№ 19397). Примеры таких песчаных пород мы видим на пойме Большой Биры в 0,75 км от впадения в нее реки Икуры (№ 19381—88), на гриве в 8 км от села Надеждино (№ 19433—35). Однако не все высокие гривы поймы

сложены из песчаных наносов; иногда в высоких гривах на пойме рек Биробиджанского района встречается типичная желтая лёссовидная порода, не отличающаяся от подобной же породы, подстилающей увалы и склоны предгорий внепойменной части района. Такая порода подстилает высокую гриву в пойме Большой Биры на юго-запад от реки (№ 19206—14). Желтая лёссовидная порода слагает высокую гриву на пойме левого берега Биджана (№ 20097—105). Желтая лёссовидная порода, слагающая такие гривы, ничем не отличается от материнской породы, подстилающей почвы склонов предгорий, увалов, падей и равнин внепойменной части Биробиджанского района, и гривы поймы рек района, подстилаемые подобными лёссовидными породами, надлежит рассматривать, как останцы материковой части на пойме рек района.

Материнская порода равнинных областей района — сырых и сухих марей — несет в себе особенность в виде ясно выраженного структурного погребенного перегнойного горизонта, подстилаемого более или менее ясно выраженным подзолистым горизонтом, постепенно переходящим в лёссовидную желтую породу, ничем не отличающуюся от породы, перекрывающей погребенную почву. Такой погребенный горизонт в более или менее яркой форме выражен на всех разрезах как сырой, так и сухой мари. Наиболее отчетливо он выражен в разрезах бугристой сырой мари на Междуречном участке по дороге от реки Шукинки в селение Бомба (№ 19263—81 и 19290—303; образцы №№ 19270, 271, 298, 299). Сырая марь в 4 км от селения Надеждино (№.19418—24, образцы №№ 19422 и 423), сырая марь у реки Мариловца (№ 194—74, образцы №№ 19470 и 471), сырая водораздельная марь между реками Бирой и Мариловцем (№ 19475—81, образцы №№ 19479 и 480), сырая марь у реки Буркали (№ 19632—40, образец № 19637 и № 19641—48, образцы №№ 19646 и 647 и № 19649—58, образцы №№ 19654 и 655); сухая марь на склоне хребта Чурки (№ 19509—17, образцы №№ 19515 и 516), ровная сухая марь между поселком

Восточная Заря и селением Благословенным (№ 19698—706, образцы №№ 19702 и 703), ровная сухая марь в 15 км от селения Благословенного (№ 19717—26, образец № 19721), сухая марь на переселенческом участке № 531 (№ 19870—74, образцы №№ 19873 и 874).

Погребенный перегнойный горизонт обнаруживает всегда ясно выраженную структуру; при высыхании он делится вертикальными трещинами на многогранные столбики в 1—2 см в поперечнике; столбики при малейшем нажатии рассыпаются на граненые неправильные комки в 3—5 мм в поперечнике; давление, под влиянием которого столбики рассыпаются в комки, обыкновенно настолько мало, что не всякий столбик удается поднять, не разрушив его на комки. Часто по граням столбиков наблюдаются остатки корней, настолько разложившиеся, что их не удается выделить, не разрушив в порошок. Эти остатки резко отличаются от мертвых и свежих корней современной растительности, в единичных случаях проникающих в этот горизонт.

Погребенный горизонт в большинстве случаев резко, без переходного слоя отграничивается от вышележащей породы. Последняя большей частью представляет типичную нижнюю часть переходного горизонта от подзолистого к желтой лёссовидной породе. В такой же серый горизонт постепенно переходит перегнойный горизонт снизу, и последний также постепенно сливается с желтой лёссовидной породой. Погребенный перегнойный горизонт залегает на глубине от 70 до 90—95 см, мощность его колеблется от 10 до 60 см, но наиболее обычная его мощность колеблется около 20—25 см.

Лёссовидная масса материнской породы часто содержит в себе валуны, иногда в виде прослоек, как, например, на останце в пойме Биры (№ 19213 и 14) на глубине 140—160 см, или в гриве у поселка Шукинки (№ 19248), у подошвы хребта Шуки-Поктой (№ 19786 и 88). Сохранившиеся в виде полуокатанных или плоско отшлифованных камней валуны принад-

лежат к трудно выветривающимся кислым породам или к кварцевым породам. Но в желтой лёссовидной породе, как очень характерный для нее признак, встречаются часто в очень большом количестве включения породы темножелтого охряного цвета и всех переходов от лёссовидной до зернистой структуры, и часто встречаются такие участки вкрапленной породы, которые в центре состоят из обломка базальта или андезита, совершенно незаметно и постепенно переходящего через все оттенки охряно-желтой зернистой породы к более светлой желтой, местами палевой лёссовидной породе, как это хорошо видно на разрезах у сопки хребта Ульдур (№ 19823—27, образцы №№ 19825, 826, 827 и № 19828—31, образцы №№ 19829, 830, 831) и на горелой мари рядом с заповедником Бирского опытного поля (№ 19971—990).

Все вместе взятое заставляет меня признать, что в материнской породе Биробиджанского района мы имеем дело с ледниковыми отложениями — основной мореной, образовавшейся в подавляющем преобладании из основных глубинных первичных пород, с незначительной лишь примесью обломков — валунов кислых алюмосиликатных пород и пород осадочных, преимущественно кварцевых, подвергавшихся процессу контактного метаморфоза. Что касается материнских пород областей поймы того же района, то они представляют продукт перемыва основной морены аллювиальными потоками и сложены из грубых остатков кислых и кварцевых пород, тогда как тонкие продукты выветривания основных пород вымыты и унесены аллювиальными потоками. Существование всюду в материнской породе равнинной части Биробиджанского района, на останцах поймы и части области предгорий ярко выраженного горизонта погребенной почвы заставляет признать существование в геологическом прошлом района, по меньшей мере, двух периодов оледенения и двух перекрывающих друг друга морен. Верхний горизонт морены довольно ясно отличается от нижнего тем, что относительное содержание валунов кислых

и кварцевых осадочных пород гораздо меньше в верхней морене по сравнению с нижней мореной.

В горных областях района почва образовалась на более или менее выветрившихся обломках коренных горных пород, непосредственно генетически связанных с породой. Почвы горных областей отличаются или отсутствием или чрезвычайно несовершенным развитием подзолистого горизонта, несмотря на облесенность. Эту особенность нельзя не сопоставить с порывистым водным режимом горных областей — следствие большой крутизны уклонов и пересеченности местности. Ясно развит в горных почвах Биробиджанского района дерновый горизонт. Характер развития дернового горизонта находится здесь в совершенно ясной зависимости от содержания зольной пищи в коренной породе и от способности последней к быстрому или медленному выветриванию. На продуктах выветривания кварцевых песчаниковых метаморфизированных пород образующаяся растительная масса содержит настолько малое количество зольных элементов, что разложение ее совершается крайне медленно, и на поверхности минерального рухляка накопляется горизонт неразложившейся торфянистой массы. Это видно, например, на вершине отрога Шукинского хребта у моста через реку Шукинку 1-ю (№ 19215—20), где под слоем лесной подстилки обособляется торфянистый горизонт в 6 см толщиной (№ 19215—16). В том случае, когда горные почвы развиваются на более богатых коренных породах, на породах кислых, содержащих значительное количество кварца, который своим присутствием в рухляке выветривания разжижает содержание в нем зольных элементов, торфянистого горизонта выше минеральной почвы не образуется, но и дерновый горизонт бывает развит очень слабо. Примером таких почв могут служить вершина мыска хребта Малого Хингана, между реками Енотовкой и Малой Самарой, где на рухляке слюдистого сланца развился дерновый горизонт мощностью в 5 см, состоящий из мало разложившихся остатков корней (№ 19664—

67, образец № 19664). Подобный же горизонт, всего лишь в 4 см мощностью, обособился невдалеке от предыдущего разреза на рухляке гранито-гнейса (№ 19674—78, образец № 19674). На рухляке бескварцевого сиенита на том же мыске хребта Малого Хингана (№ 19668—72, образцы №№ 19669 и 670) уже развит дерновый горизонт в 25 см и на таком же сиените отрога хребта Шуки-Поктой дерновый горизонт достигает мощности 20 см. Как только почва образуется на рухляке основной породы — базальта, например, на сопке хребта Ульдур (образцы №№ 19828, 829, 830), дерновый горизонт под влиянием легкости выветривания породы достигает мощности 40 см.

Почвы склонов гор в общем характеризуются весьма слабо выраженным развитием подзолистого горизонта, как, например, на «Лиственничном Мысе» в южной оконечности Малого Хингана (№ 19659—63) подзолистый горизонт выражен лишь легким посерением желтой породы в горизонте 40—50 см (№ 19961) и появлением беловатого общего фона с желтыми пятнами в горизонте 80—90 см (№ 19663), тогда как дерновый горизонт хорошо выражен до глубины 30 см (№ 19659 и 660). Иногда подзолистый горизонт морфологически совсем не выражен, как, например, на седловине сопки Острой Маячки (№ 20091—94), где дерновый горизонт (№ 20091 и 92) мощностью в 14 см непосредственно переходит в желтую лёссовидную породу (№ 20093), книзу обогащающуюся хрящом (№ 20094). Слабое выражение подзолистого горизонта следует отнести как к результату порывистого водного режима склонов гор, так и к влиянию значительного содержания солей железа в рухляке основных пород, из которого преимущественно состоят материнские породы склонов гор.

В почвах склонов предгорий подзолистый горизонт получает ясное выражение. На склоне сопки в 3 км к югу от реки Шукинки 1-й (№ 19236—41) горизонт подзола приобретает настолько яркое выражение, что имеет мощность 29 см (№ 19237—39), и в верхней его части (№ 19237) обособляются гнезда

белого аморфного кремнезема. Такое резкое развитие подзолистого горизонта связано с сильным уменьшением мощности дернового горизонта, имеющего всего 5 см (№ 19236). На склоне сопок Остряки (№ 19575—85) дерновый горизонт обладает значительной мощностью в 20 см (№ 19575—76), подзолистый горизонт имеет мощность 40 см. На склоне отрога хребта Шуки-Поктой (№ 19782—88) последовательность смены почвенных горизонтов нарушена делювиальными наносами. Современный дерновый горизонт занимает 20 см (№ 19782—83), далее следует 10 см желтой породы делювиального сноса, еще не освоенный растительностью (№ 19784). За этим горизонтом следует погребенный делювием горизонт дерновый (№ 19785) и подзолистый горизонт мощностью в 21 см (№ 19786—87). Уже на почвах склонов предгорий в некоторых разрезах ясно выражен погребенный мореной последнего оледенения дерновый горизонт, и в разрезе на склоне сопок Остряки он выражен слоем в 40—60 см мощности.

Почвы подошвы склонов предгорий имеют обыкновенно все горизонты хорошо выраженными. Примером таких почв могут служить верховья пади Сивачи (№ 19489—501): дерновый горизонт (№ 19489—90) обладает общей мощностью в 14 см, причем верхние 4 см его отличаются присутствием большого количества деревянистых корней. За дерновым горизонтом следует подзолистый в 34 см мощностью, в следующих 10 см подзолистый горизонт (№ 19494) заключает в себе механическую примесь значительного количества структурных элементов с остатками корней из нижележащего погребенного структурного горизонта с остатками корней (№ 18495—97). Погребенный почвенный горизонт имеет мощность в 30 см; на глубине 99 см он переходит в сероватый горизонт с остатками корней (№ 19498) мощностью около 10 см. За этим горизонтом следует желтая лёссовидная порода, распадающаяся по темным примазкам и заключающая остатки и отпечатки корней (№ 19499—501).

Почвы вершин увалов, в которые переходят склоны предгорий, отличаются от почв последних только благодаря своему положению на рельефе и связанному с этим порывистому водному режиму. Вследствие этого, даже почвы, образующиеся на богатых желтых лёссовидных суглинках, склонны к накоплению трудно разлагающихся, бедных золой торфянистых остатков. Такова почва вершины увала, отходящего от Шукинского хребта у моста через реку Шукинку 1-ю (№ 19215—20). Под слоем лесной подстилки залегает горизонт черного торфянистого органического вещества в 6 см толщиной (№ 19216), далее следует дерновый горизонт также в 6 см мощности (№ 19217) и далее горизонт желтой породы. На водораздельном увале между реками Биджаном и Луговой в 4 км от селения Вуркали (№ 19590—96) под дерновым горизонтом в 10 см толщиной идет подзолистый горизонт в 55 см мощностью (№ 19591—93) и ниже следует структурный черный погребенный дерновый горизонт мощностью в 45 см. В случае бедной зольными элементами породы, на вершинах увалов развивается типичное моховое водораздельное болото. Такое болото развито на увалах, отходящих от Малого Хингана в верховьях реки Козулихи (№ 20149—158). Под покровом живого сфагнума 22 см почти неразложившегося торфа (№ 20150—51), далее 23 см полуразложившегося торфа (№ 20152—53) и только с глубины 65 см слой в 40 см вполне разложившегося торфа (№ 20154—56), залегающего на структурном черном дерновом горизонте 20 см мощности (№ 20157—58) со значительным содержанием крупного кварцевого песка.

Почвы склонов увалов ничем не отличаются от вышеописанных почв склонов предгорий, что понятно, так как увалы представляют лишь расчлененные размывом склоны предгорий.

Разделяющие увалы пади в своих нижних частях постепенно переходят в почвы равнин марей; лишь в вершинах падей, непосредственно прилегающих к склонам предгорий, и в по-

лосе, отграничивающей область пади от склонов увалов, развиты болотные пространства, покрытые торфяными почвами. Ширина полосы болот и величина болот в верховьях падей определяются крутизной прилегающих склонов и величиной их водосборной площади. От этих моментов зависят интенсивность и абсолютная величина притока почвенной воды к прилегающим болотам. Величина притока надземных вод и интенсивность этого притока определяются преимущественно характером растительности прилегающих склонов. В зависимости от комбинации этих условий в сильной степени варьирует и ширина болот, и мощность и качество торфа, их слагающего. Повидимому, главным агентом, определяющим интенсивность развития надземной массы органического вещества — торфа, на этих болотах является интенсивность поверхностного стока воды с прилегающих склонов, т. е. степень их облесенности. В отсутствие потоков надземных вод рассматриваемая область пользуется только лишь обильным притоком почвенной воды. Содержание запасных солей железа в них обезвреживается соответствующей флорой этих угодий, и богатое зольными соединениями органическое вещество, отлагающееся в условиях обильного притока зольной пищи, быстро и полно разрушается, образуя богатые перегноем почвы. Обильный приток надземной воды со склонов встречает резкое сопротивление дальнейшему сбегу как вследствие гораздо меньшего уклона, так, преимущественно, вследствие большого механического сопротивления растительности. Органические остатки, изолированные застойной водой от проникновения кислорода, начинают разлагаться анаэробным путем и приводят к накоплению торфа выше горизонта минеральной почвы. Подобные отложения торфа встречаются в пади у подножия южных отрогов хребта Шуки-Поктой, на Мало-Бирском переселенческом участке (№ 19913—17), где почва покрыта мощным слоем малоразложившегося торфа. Такое же отложение торфа в пади у подошвы горы Острой Маячки.

Почвы сырых бугристых марей отличаются большой пестротой мощности дернового горизонта, в зависимости от положения на бугре или в ложбине между буграми. В ложбине между буграми дерновый горизонт часто погребен массой вылившейся почвы подзолистого горизонта. Примером может служить бугристая марь на участке Междуречном (№ 19263—81), на вершине бугра 2 м в диаметре в 20 см высоты. Дерновый горизонт до 40 см мощности (№ 19263—66), причем верхняя его часть до глубины 10 см состоит почти исключительно из остатков корней почти без примеси минеральной почвы. За ним следует подзолистый горизонт мощностью в 30 см (№ 19267—69), ниже следует погребенный дерновый горизонт в 30 см мощности (№ 19270—72) и далее—обычная желтая материнская порода, в различной степени оподзоленная, с темными примазками и остатками корней (№ 19273—81). Рядом с бугром в понижении глубиною в 20 см (№ 19282—86) с поверхности залегает бесструктурный серый горизонт выжатого подзолистого горизонта в 3 см толщиной, только что пронизанный массой свежих корней, еще не разложившихся и не пропитавших почвы перегноем (№ 19282), и уже под ним залегает дерновый горизонт мощностью в 27 см (№ 19283—85). Еще более яркую картину представляет сырая бугристая марь на том же междуречном участке к северо-западу от селения Бомба (№ 19317—33): дерновый горизонт на вершине бугра толщиною 1 см (№ 19317), под ним горизонт подзола мощностью 99 см (№ 19318—27), совершенно не содержащий корней до глубины 5 см. На этой глубине залегает слой такого же подзола в 20 см, пронизанный корневищами тростника (№ 19323—24). Начиная с глубины 100 см, подзол перемешан с разрушенным погребенным горизонтом (№ 19327—33). Рядом на западине между буграми (№ 19349—63) дерновый горизонт в 30 см (№ 19349—51), под ним подзолистый горизонт и далее, как в предыдущем разрезе. Падь Зудашная близ пади Сивачи представляет пример сырой ровной мари (№ 19536—44). Дерно-

вый горизонт в 30 см (№ 19536—38), далее подзолистый горизонт мощностью в 40 см (№ 19539—41) и ниже, как и в предыдущих разрезах, смешанный горизонт подзола, погребенного дернового и желтой материнской породы. Бугристая марь у реки Буркали с трещинами на буграх (№ 19632—40) представляет на вершине бугра полуструктурный дерновый горизонт светлосерого цвета с немногочисленными корнями; его мощность только 7 см (№ 19632), ниже подзолистый горизонт в 55 см (№ 19633—35), под которым после промежуточного смешанного горизонта в 10 см (№ 19636) обычный погребенный дерновый горизонт на глубине 92 см (№ 19637—40). Там же в понижении между буграми (№ 19641—48) дерновый горизонт структурный, светлосерый, мощностью в 20 см (№ 19641—42), под ним подзолистый горизонт в 55 см (№ 19643—45) и с 90 см обычный погребенный почти черный дерновый горизонт.

Болота марей находятся в самых разнообразных стадиях развития. Например, болото в 15 км от селения Буркали (№ 19612—25) имеет всего лишь 3 см бурого торфа с поверхности (№ 19612); под этим горизонтом залегает мощный дерновый горизонт в 47 см (№ 19613—16), в значительной степени оглеенный, с массой желтых жилок по корням микотрофных растений; далее следует подзолистый горизонт в 40 см мощности (№ 19617—20) и под ним на глубине 90 см обычный погребенный дерновый горизонт, постепенно переходящий в желтую материнскую породу. Вейниковое болото в 4 км от селения Алексеевки (№ 19859—64) имеет уже слой в 20 см бурого неразложившегося торфа (№ 19859—61), под которым залегает слой в 10 см бесструктурного вполне разложившегося торфа (№ 19862), подстилаемого на глубине 36 см черным дерновым горизонтом в 10 см толщины (№ 19863); ниже идет горизонт глея (№ 19864). Сходную картину представляет и болото Синтухали (№ 20116—21); на нем неразложившийся, бедный золой торф образует слой в 22 см (№ 20116—17); над этим слоем лежит горизонт темного полуструктурного торфа в 10 см

(№ 20118), за которым следует дерновый горизонт (№ 20119—21). Обыкновенно болото представляет по направлению от центра к периферии все переходы от неразложившейся массы центральной части к более молодой периферической части; так, болото у поселка Шукинки на берегу реки Шукинки 3-й в расстоянии 100 м от края (№ 19250—53) сложено до глубины 50 см из неразложившегося торфа, в расстоянии же 20 м от края то же болото (№ 19257—62) имеет лишь 15 см неразложившегося торфа (№ 19257—58), ниже которого залегает слой в 15 см разложившегося торфа (№ 19259—60), подостланного глеем (№ 19261—62). Иллюстрацией болота, достигшего значительного возраста, может служить болото в пади у южных отрогов хребта Шуки-Поктой (№ 19913—17), сложенное на глубине 54 см из неразложившегося торфа.

Выше уже было отмечено, что болота Биробиджанского района не достигают значительной глубины вследствие поднятия уровня мерзлоты, изъемлющей большую часть зольных элементов из пределов досягаемости покрывающей болото растительности. После следующего за этим отмирания растительности и высыхания темной поверхности торфа верхний слой его приобретает зернистую структуру и или уносится делювиальными потоками, или в условиях сухой весны Биробиджанского района, повидимому, чаще сгорает и обращается в сухую марь.

Строение почв сухих марей отличается большим однообразием. Сухая марь на склоне отрога хребта Чурки близ реки Мариловец (№ 19509—17): черный структурный дерновый горизонт мощностью 7 см (№ 19509), серый полуструктурный подзолистый горизонт мощностью 20 см (№ 19510—11), желтая материнская порода слоем в 30 см (№ 19512—14), погребенный структурный дерновый горизонт — 20 см (№ 19515—16), желтая материнская порода с примазками (№ 19517). Сухая ровная марь между реками Малой Самарой и Енотовкой (№ 19698—706): темносерый структурный дерновый горизонт

18 см (№ 19698—99), полуструктурный подзолистый горизонт 30 см (№ 19700—701), погребенный дерновый горизонт 25 см (№ 19702—703), погребенный подзолистый горизонт 10 см (№ 19704), второй погребенный дерновый горизонт 25 см (№ 19705—706). Ровная сухая марь в 15 км от селения Благословенного (№ 19717—26): структурный дерновый горизонт черного цвета 35 см (№ 19717—19), подзолистый горизонт 10 см (№ 19720), погребенный вышележащими делювиальными наносами структурный дерновый горизонт 10 см (№ 19721), погребенный подзолистый горизонт 10 см (№ 19722—23), погребенный структурный черный горизонт (№ 19724—26). Сухая марь на переселенческом участке № 531 (№ 19870—74): структурный дерновый горизонт 10 см (№ 19870), слабоподзолистый горизонт 40 см (№ 19871—72), ниже погребенный дерновый горизонт (№ 19873—74). Сухая марь у селения Лазарево (№ 20015—19); дерновый горизонт 10 см (№ 20015), подзолистый горизонт 120 см (№ 20016—19).

В области поймы Биробиджанского района, как уже было упомянуто, отличаются три группы образований — высокие гривы или, по-местному, дубовые рёлки, гривы низкие или белоберезовые рёлки и лога.

Как было уже указано, высокие гривы или могут слагаться из более грубых речных наносов, или могут представлять останцы внепойменных образований района, отрезанные полыми водами разлива рек от остальной массы материка, или, наконец, могут представлять как бы комбинацию двух первых способов образования, являясь делювиальными или ледниковыми наносами с элементов материка на пойменные отложения аллювиальных потоков.

Грива на пойме реки Большой Биры (№ 19202—205) может служить хорошей иллюстрацией грив, состоящих из речных наносов. Дерновый горизонт черный структурный имеет мощность всего 8 см (№ 19202); он подстилается песчаными наносами реки до глубины 70 см (№ 19203—204), залегающими на

валунном песке (№ 19205), представляющем поддонную полусортированную морену, составляющую ложе реки. Грива на пойме той же реки у впадения реки Джаварга (№ 19398—407) сложена из материковых пород: дерновый горизонт 17 см (№ 19398 и 99); ниже залегает подзолистый горизонт с рудяковой окраской 48 см (№ 19400—403); ниже следует обычный погребенный дерновый горизонт на глубине 80 см (№ 19404—06), подстилаемый на глубине 160 см лёссовидной породой (№ 19407).

Грива на пойме Большой Биры близ ее притока Икуры (№ 19379—89) сложена из дернового горизонта 16 см мощности (№ 19379—80); его подстилает желтая супесь, представляющая обычную желтую материнскую породу, из которой делювиальные потоки, ее отложившие, отмыли большое количество глинистых элементов, слой супеси толщиной в 60 см (№ 19381—84); ниже с 86 см следует перемытый речной песок (№ 19385—88), подстилаемый на глубине 220 см обычной желтой материнской породой.

Невысокие гривы, так называемые белоберезовые рёлки, расположенные в пойме вдали от живого русла реки, вблизи коренного берега, сложены из делювиальных сносов с коренных берегов. Грива на пойме реки Биры, между нею и рекой Икурой (№ 19206—14): дерновый горизонт 13 см (№ 19206); ниже слой в 20 см желтой материнской породы (№ 19207); под ними погребенный дерновый горизонт в 10 см (№ 19208), лежащий на желтой материнской породе, залегающей слоем в 60 см (№ 19209—12); порода лежит на втором погребенном дерновом горизонте, заключающем валуны; мощность этого горизонта 25 см (№ 19213), и залегает он на валунном хряще — поддонной морене. Грива на левом берегу Большой Биры в 7 км от русла близ деревни Казанки (№ 19364—78): дерновый горизонт 15 см (№ 19364—65); под ним желтая порода 30 см (№ 19366—67); ниже 20 см структурного серого горизонта (№ 19368—69), далее 85 см структурного и полуструктурного

темносерого горизонта (№ 19370—75) и на глубине 135 см желтая порода (№ 19376—78).

Почвы логов поймы рек Биробиджанского района представляют по своему строению чрезвычайную пестроту наслоений, и даже тип пойменных отложений меняется в зависимости от комбинации условий рельефа, меняющих характер разлива полой воды. Лог на заливном лугу правого берега реки Большой Биры у поселка Тихонькая (№ 19183—93): современный черный дерновый горизонт 8 см (№ 19183); под ним залегает слой 72 см серого пылеватого горизонта с остатками деревянистых корней (№ 19184—87); ниже следует горизонт 65 см песка книзу слюдистого (№ 19188—89), отвечающий периоду наиболее порывистых и стремительных разливов реки. Песчаные отложения подстилаются горизонтом 45 см погребенного болотистого дерна с массой корней и деревянистыми остатками (№ 19190—91). Существование погребенного горизонта с преобладанием отложений органического вещества заставляет предполагать существование длительного периода, во время которого разливы реки носили настолько умеренный и равномерный характер, что отложение минеральных частиц на поверхности поймы было ничтожно, что и должно было повлечь за собой накопление на поверхности поймы горизонта мертвого органического вещества. Подстилающий этот горизонт слой структурной зернистой поймы на глубине 190 см (№ 19192—93) подтверждает предположение о характере разливов. Зернистые пойменные образования отлагаются только из стоячей воды, которая может найти условия существования только при медленном и покойном разливе рек, бассейны которых облесены. Лог на правом берегу Большой Биры (№ 19408—14) представляет полуструктурный дерновый горизонт 10 см (№ 19408). Он подстилается горизонтом песка в 70 см (№ 19409—411). Эти отложения современного режима реки на глубине 80 см погребают черный горизонт структурной поймы (№ 19412), переходящий в горизонт глея на глубине 100 см (№ 19413—14).

Это следы прежнего режима медленных разливов реки лесного района. Все разрезы поймы рек Биробиджанского района построены по той же схеме.

Механический состав материнской породы Биробиджанского района в наиболее типичных его выражениях виден из трех приводимых ниже анализов, произведенных по методу Вильямса: почва № 19819 (разрез 109, образцы №№ 19814—19); горизонт 65—75 см представляет серую оглеенную лёссовидную породу, подстилающую сырую марь, покрывающую третью треть пологого склона шлейфа южного склона хребта Ульдур. Почва № 19316 (разрез 19, образцы №№ 19304—16); горизонт 160—170 см сырой бугристой мари на междуречном участке у селения Бомба представляет типичную лёссовидную желтую материнскую породу. Почва № 19739 (разрез 62, образцы №№ 19917—39); горизонт 175—185 см сухой мари у селения Благословенного—типичная желтая лёссовидная порода. Все анализы произведены из навески в 100 г абсолютно сухой почвы; проценты отнесены всюду к абсолютно сухой почве. Определение иловатой части во всех случаях производилось без применения осаждающих средств фильтрованием через бактериальный фильтр. Во всех случаях определялось и содержание всего количества растворимых в воде веществ. Всюду приводятся как результаты анализа, так и те же результаты с разнесением невязки до 100% пропорционально процентному содержанию элемента.

Порода, содержащая в среднем 42% средней пыли с колебаниями от 51 до 35% и иловатых частиц (<0,001 мм) 36% с колебаниями от 48 до 28%, должна быть признана очень тяжелой глиной. В связи с тем, что в образовании материнской породы кислые коренные породы принимали лишь ограниченное участие, и содержание частиц кварца сводится к незначительной величине—12,4%. Это количество более крупных элементов никакого влияния на породу не оказывает: оно совершенно погашается огромным содержанием аморфного кремнезема (51,18%)

и иловатых частиц (35,25%). В связи с чрезвычайным содержанием иловатых частиц содержание в породе растворимых в воде соединений очень велико — 0,62%, и так как на долю хлор-иона в них приходится всего 0,027%, то и состав солей тоже характеризует значительное богатство породы растворимыми в воде элементами пищи растений.

Механический состав материнской породы Биробиджансково района

Название элементов и размер (в мм)	№ 109		№ 19		№ 62		Среднее из трех
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	
Хрящ круппее 3 . . .	—	—	—	—	—	—	-
Крупный песок 3 — 1 .	—	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1 — 0,5	—	—	—	—	0,02	0,02	—
Мелкий песок 0,5 — 0,25	0,46	0,46	0,32	0,32	0,07	0,07	0,29
Песчаная пыль 0,25 — 0,05	3,12	3,13	2,24	2,24	1,56	1,57	2,31
Крупная пыль 0,05 — 0,01	7,68	7,70	5,33	5,35	16,26	16,37	9,80
Средняя пыль 0,01 — 0,005	51,05	51,18	34,87	34,93	39,93	40,20	42,00
Тонкая пыль 0,005 — 0,001	9,54	9,56	8,43	8,44	9,32	9,38	9,13
Ил меньше 0,001 . . .	27,53	27,59	47,78	47,86	32,17	32,39	35,85
Растворимое в воде . .	0,38	0,38	0,86	0,86	не определ.		0,62
Сумма	99,76	100,00	99,83	100,00	99,33	100,00	100,00

Почвы предгорий Биробиджанского района характеризованы четырьмя механическими анализами: почва второй трети юго-восточного склона отрога Шукинского хребта, покрытого широколиственным лесом из монгольского дуба, даурской черной березы и амурской и маньчжурской липы; разрез 9 (образцы №№ 19225—28); почва третьей трети склона того же отрога: лес даурской лиственницы; условия большой влажности вследствие притока почвенной воды с верхних частей склона: разрез 10 (образцы №№ 19229—32).

Во всех четырех образцах элементы крупнее 0,25 мм состоят почти исключительно из структурного органического вещества, количество которого достигает 37% в поверхностном и 20% в горизонте 5—10 см. В среднем в почве № 9 (№ 19225—26) в горизонте 0—10 см содержится 25,43% органических остатков, в почве № 10 (№ 19229—30) в том же горизонте 25,23%. В соответствии с содержанием органического вещества и присутствием на поверхности почв полога леса и количество растворимых веществ в этих почвах в горизонте 0—10 см равно для почвы № 9—2,14% и для почвы № 10—1,65%.

Название элементов и размер (в мм)	№ 9		№ 9		№ 10		№ 10	
	Горизонт							
	0—5		5—9		0—5		5—10	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ больше 3	—	—	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	—	—	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1—0,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок 0,5 — 0,25	30,00	29,97	20,82	20,88	37,15	37,19	13,26	13,27
Песчаная пыль 0,25 — 0,05	8,27	8,21	11,79	11,82	15,73	15,74	2,21	2,21
Крупная пыль 0,05 — 0,01	8,43	8,37	9,24	9,26	12,90	12,91	7,59	7,60
Средняя пыль 0,01 — 0,005	42,46	42,08	39,06	39,17	29,49	29,51	49,11	49,15
Тонкая пыль 0,005 — 0,001	2,90	2,87	8,00	8,02	1,34	1,34	11,80	11,81
Ил меньше 0,001	4,82	4,77	10,28	10,31	0,80	0,80	15,17	15,18
Растворимое в воде	3,77	3,73	0,54	0,54	2,51	2,51	0,78	0,78
Сумма	100,65	100,00	99,73	100,00	99,92	100,00	99,92	100,00

Количество средней пыли (0,01—0,005 мм) в почвах №№ 9 и 10 мало изменилось по сравнению с средним составом материнской породы (42,00%), но резко упало содержание ило-

ватых частиц; оно для почвы № 9 равно по горизонтам 4,77 и 10,31% и для № 10—0,80 и 15,18%; так как вряд ли можно ожидать сильного развития делювиальных процессов на второй и особенно на третьей трети склонов, то уменьшение количества иловатых элементов в почве надо приписать энергично совершающемуся подзолистому процессу. Это предположение находит себе подтверждение и в резком возрастании количества ила с углублением — 4,77 и 10,31% в почве № 9 и особенно в почве № 10—0,80 и 15,18% что вполне согласуется с положением почвы № 9 на второй трети и почвы № 10 на третьей трети склона. В соответствии с уменьшением содержания тончайших элементов возрастает и относительное содержание крупных элементов. Огромное содержание органического вещества, богатого всеми элементами пищи растений, создает в этих почвах превосходные условия биологической деятельности микроорганизмов. В результате совместной деятельности высшей и низшей флоры в поверхностных горизонтах почвы создается превосходная прочная структура. Прочность структуры этих почв настолько велика, что комки их не только не размываются холодной водой, но даже после непрерывного шестичасового кипячения далеко не происходит полного разрушения комков, и хотя размеры комков уменьшаются, но навеска содержит еще массу неразрушенных комков.

Для характеристики почв сырой мари выбран ряд типичных разрезов в количестве трех, ввиду преобладающего значения этого рода угодий. Разрез 109 (образцы №№ 19814—19)—сырая марь на третьей трети шлейфа южного склона хребта Ульдур [см. табл. на след. стр.].

В горизонте 0—6 см содержится 31,78% элементов 0,25 мм; если принять среднее содержание в породе минеральных частиц 0,25 мм, равное содержанию их в горизонтах 35—45 и 65—75 см, т. е. (0,27 + 0,46) : 2 = 0,37%, получим содержание органических остатков 0,25 мм в горизонте 0—6 см равное 31,41%. В горизонте 15—25 см это содержание, вычисленное таким же

Разрез № 109

Название элементов и размер (в мм)	Горизонты							
	0-6		15—25		35—45		65—75	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ больше 3 . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	—	—	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1 — 0,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок 0,5 — 0,25	32,09	31,78	1,48	1,48	0,27	0,27	0,46	0,46
Песчаная пыль 0,25 — 0,05 . . .	7,42	7,35	3,69	3,69	1,80	1,80	3,12	3,13
Крупная пыль 0,05 — 0,01 . . .	12,59	12,47	14,30	14,31	10,59	10,59	7,68	7,70
Средняя пыль 0,01 — 0,005 . . .	43,50	43,07	56,36	56,38	56,72	56,73	51,05	51,18
Тонкая пыль 0,005 — 0,001 . .	1,80	1,78	10,19	10,19	10,78	10,78	9,54	9,56
Ил меньше 0,001	1,06	1,05	13,37	13,38	19,31	19,31	27,53	27,59
Растворимое в воде	2,52	2,50	0,57	0,57	0,52	0,52	0,38	0,38
Сумма . . .	100,98	100,00	99,96	100,00	99,99	100,00	99,76	100,00

способом, сразу падает до 1,11%. В соответствии с этим и содержание водорастворимых веществ в верхнем горизонте очень велико — 2,50% и в следующем горизонте сразу падает до 0,57%. Так же резко изменяется и содержание частиц (0,001 мм). Содержание их в породе равно 27,59%, что при содержании 51,18% частиц 0,01—0,005 мм заставляет признать ее тяжелой глиной. В горизонте 0—6 см содержание ила падает до 1,05%, из которых большая часть составляет аморфный перегной. Таким образом, мы имеем здесь дело с законченным процессом оподзоления, уничтожившим все иловатые элементы породы. Однако, как это вообще характерно для подзолистых почв пониженных элементов рельефа, влияние подзолообразовательного процесса не распространяется на большую глубину, и уже в горизонтах 15—25 и 35—45 см содержание ила поднимается

сразу до 13,38% и далее до 19,31%, т. е. в породе сохранилось больше 50% иловатых частиц в первом случае и больше 70% ила во втором случае.

Второй разрез — № 19 (образцы №№ 19290—316) сырой бугристой мари на Междуречном участке близ селения Бомба; бугры в среднем около 0,5 м в диаметре, много трещин. Горизонт 0—4 см (№ 19290) темносерый полуструктурный дерновый. Горизонт 16—26 см (№ 19305) бесструктурный серый дерновый. Горизонт 40—50 см (№ 19293) бесструктурный подзолистый. Горизонт 70—80 см (№ 19296) структурный подзолистый. Горизонт 100—110 см (№ 19299) структурный погребенный перегнойный. Горизонт 160—170 см (№ 20623) бесструктурная желтая лёссовидная порода. Настоящий разрез отличается от предыдущего присутствием погребенного горизонта.

Разрез № 19

Название элементов и размер (в мм)	Горизонты					
	0—4		16—26		40—50	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ больше 3	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3 — 1	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1 — 0,5	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок 0,5 — 0,25	1,40	1,38	0,46	0,46	0,53	0,52
Песчаная пыль 0,25 — 0,05	1,63	1,60	1,30	1,29	2,85	2,81
Крупная пыль 0,05 — 0,01	12,50	12,30	7,57	7,51	7,74	7,64
Средняя пыль 0,01 — 0,005	61,42	60,44	52,67	52,24	44,09	43,52
Тонкая пыль 0,005 — 0,001	8,17	8,04	10,93	10,84	8,37	8,26
Ил меньше 0,001	15,30	15,05	26,70	26,48	36,68	36,21
Растворимое в воде	1,21	1,19	1,19	1,18	1,05	1,04
Сумма	101,63	100,00	100,82	100,00	101,31	100,00

В отличие от предыдущего разреза, дерновый горизонт содержит лишь небольшое количество органических остатков. Содержание мелкого песка в материнской породе равно 0,30%

и, следовательно, содержание органических остатков в дерновом горизонте равно только 1,10%. Несмотря на малое содержание органических остатков, дерновый горизонт содержит значительное количество веществ, растворимых в воде — 1,19% против 0,80% в породе. Дерновый горизонт содержит значительное количество ила — 15,05% против 47,86% в материн-

Разрез № 19

Название элементов	Горизонты					
	70—80		100—110		160—170	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—	—	—
Крупный песок	—	—	—	—	—	—
Средний песок	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок	0,23	0,22	0,34	0,34	0,32	0,32
Песчаная пыль	1,73	1,68	3,39	3,36	2,24	2,24
Крупная пыль	6,81	6,63	6,71	6,64	5,33	5,35
Средняя пыль	33,58	32,67	38,01	37,63	34,87	34,03
Тонкая пыль	8,60	8,37	6,96	6,89	8,43	8,44
Ил	50,81	49,42	44,83	44,39	47,78	47,86
Растворимое в воде	1,04	1,01	0,76	0,75	0,86	0,86
Сумма	102,80	100,00	101,00	100,00	99,83	100,00

ской породе в горизонте 160—170 см, т. е. ниже погребенного горизонта, и против 49,42% в горизонте 70—80 см, относящемся к поверхностному дерновому горизонту, т. е. сохранилось около 30% иловатых частиц, следовательно, степень оподзоления дернового горизонта должна быть признана лишь умеренной. Еще меньше степень оподзоления погребенного дернового горизонта — 44,39% ила против 47,86% в породе. Принимая в соображение, что ил погребенного горизонта содержит очень значительное количество аморфного органического вещества, малое содержание органических ос-

татков в современном дерновом горизонте невольно сопоставляется со сравнительно малой степенью его оподзоленности, которая не может не отразиться на интенсивности выражения способности почвы удерживать элементы пищи растений. Поэтому остатки растений, выросших на таких почвах, должны быть богаты элементами золы, что не может не вызвать усиления биологического их разрушения. Высказанная здесь точка зрения находит себе опору в составе сухого остатка по методу Вильямса. Растворимые вещества горизонта 0—4 см (разрез № 19) содержали: серного ангидрида 11,58%, фосфорного ангидрида 1,06%, окиси кальция 14,97%, окиси магния 3,12%, калия 3,06%. Растворимые вещества отличаются чрезвычайным богатством элементами зольной пищи растений. Подобные же результаты получаются, если сравнить содержание элементов зольной пищи растений в иле (0,001 мм) и в средней пыли (0,01—0,005 мм); та и другая фракция не были освобождены — первая от аморфного и вторая от структурного органического вещества.

	Серный ангидрид	Фосфорный ангидрид	Окись кальция	Окись магния	Калий
Ил	0,74%	1,01%	1,69%	1,63%	1,97%
Средняя пыль	0,11%	0,34%	0,21%	0,70%	0,87%

Разрез № 64 (№ 19756—72), сырая марь между реками Малой Самарой и Енотовкой: горизонт 0—4 см (№ 19756) структурный черный; горизонт 4—14 см (№ 19757) структурный черный; горизонт 14—24 см (№ 19757а) структурный черный; горизонт 37—47 см (№ 19758) бесструктурный светлосерый с желтыми пятнами; горизонт 110—120 см (№ 19753) структурный темносерый, представляет смесь верхнего и погребенного нижнего; горизонт 115—125 см (№ 20631)—бесструктурный черный погребенный горизонт; горизонт 170—180 см (№ 20632) бесструктурный бурый с серыми пятнами.

Разрез № 64

Название элементов и размер частиц (в мм)	Горизонты 0—4 факт. %	0—4 испр. %	4—14 факт. %	4—14 испр. %	14—24 факт. %	14—24 испр. %	37—47 факт. %	37—47 испр. %
Хрящ больше 3 . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	—	—	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1 — 0,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок 0,5 — 0,25	14,38	14,38	5,84	5,84	1,66	1,66	0,17	0,17
Песчаная пыль 0,25 — 0,05 . . .	4,01	4,01	2,85	2,85	0,91	0,91	4,31	4,31
Крупная пыль 0,05 — 0,01 . . .	12,80	12,80	11,98	11,99	13,52	13,53	11,88	11,88
Средняя пыль 0,01 —0,005 . . .	57,00	57,02	64,95	65,02	68,73	68,76	48,89	48,91
Тонкая пыль 0,005—0,001	2,53	2,53	4,11	4,11	5,54	5,54	11,41	11,41
Ил меньше 0,001 .	6,96	6,96	9,10	9,11	8,14	8,14	22,24	22,24
Растворимое в воде	2,30	2,30	1,08	1,08	1,46	1,46	1,08	1,08
Сумма . . .	99,98	100,00	99,91	100,00	99,96	100,00	99,98	100,00

Марь, характеризуемая разрезом № 64, принадлежит к водораздельным марям. Она довольно резко отличается от водораздельных дерновых целинных почв северной части нечерноземной полосы Союза тем, что, несмотря на глубокое по мощности оподзоление материнской породы, достигающее глубины 37 см, порода в ней подверглась в значительной степени оподзолению. Среднее содержание ила до глубины 37 см равно 11,40%, в горизонте же материнской породы, лишь немного захваченной подзолообразовательным процессом, оно равно 22,24% т. е. подзолообразовательный процесс разрушил не менее 50% ила. Причина этого различия лежит в огромном содержании ила в материнской породе Биробиджанского района, равном в среднем 35,25%, при ничтожном содержании частиц крупнее

0,25 мм и полном отсутствии частиц крупнее 0,5 мм. В породе такого состава, несмотря на ее водораздельное положение, водный режим не может отличаться такой порывистостью, как в суглинках севера Европейской части Союза, и соприкосновение креновой кислоты с породой должно быть более про-

Разрез № 64

Название элементов	Горизонты					
	110—120		115—125		170—180	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—	—	—
Крупный песок .	—	—	—	—	—	—
Средний песок . . .	—	—	—	—	—	—
Мелкий песок . . .	2,20	2,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Песчаная пыль . .	5,88	5,88	2,65	2,62	3,92	3,92
Крупная пыль . . .	5,66	5,66	10,36	10,25	8,67	8,68
Средняя пыль . . .	33,85	33,86	37,77	37,39	36,93	36,98
Тонкая пыль . .	11,76	11,76	10,72	10,61	13,81	13,83
Ил	37,78	37,79	37,85	37,46	35,07	35,12
Растворимое в воде	2,85	2,85	1,49	1,47	1,27	1,27
Сумма	99,98	100,00	101,04	100,00	99,87	100,00

должительным. В связи с обеднением породы илом наблюдается и резкий скачок в содержании воднорастворимых веществ. Оно очень велико лишь в верхних 4 см — 2,30%, где происходит аэробный процесс разложения органического вещества. Но уже в горизонте 4—14 см сразу падает до того же содержания, как и в горизонте 37—47 см, — 1,08%. Такой пищевой режим приводит к бедности отлагающегося органического вещества золой, следовательно, к медленности его разрушения, и в результате происходит прогрессирующее накопление торфянистой массы выше поверхности почвы. Это накопление иллюстрируется числами анализов: 0,17; 1,66; 5,84 и 14,38. Погребенный дерновый горизонт также характери-

зуется содержанием в нем до 2% еще сохранившихся органических остатков и сильным повышением содержания растворимых в воде веществ — 2,85% против 1,08% вышележащего горизонта, что нельзя не сопоставить с значительным содержанием в нем перегноя.

Сухая марь характеризована разрезом № 62 (№ 19717—39) близ селения Благословенного. Горизонт 0—10 см (№ 19717) структурный черный. Горизонт 12—22 см (№ 19718) структурный черный. Горизонт 43—53 см (№ 19720) бесструктурный серый подзолистый. Горизонт 72—82 см (№ 19721) структурный темносерый погребенный дерновый. Горизонт 92—102 см (№ 19722) бесструктурный светлосерый. Горизонт 110—120 см (№ 19724) структурный темносерый погребенный дерновый. Горизонт 112—122 см (№ 19733) то же, что предыдущий с другой стенки разреза. Горизонт 130—140 см (№ 19725) полуструктурный черный. Горизонт 175—185 см (№ 19739) желтая порода.

В разрезе № 62 обращает на себя внимание существование второго погребенного горизонта на глубине 72 см. Горизонты, лежащие выше него, отличаются меньшим содержанием песчаной пыли — 1,79% в среднем для трех вышележащих горизонтов, против 3,24%. Кроме того, отличие наблюдается и в содержании крупной пыли — 20,43% в среднем в горизонтах 0—72 см и 10,41% в горизонтах 72—82 см. Количество ила также с 26,47% поднимается до 33,56% и во всем разрезе ниже 72 см удерживается на высоте больше 30%. Все вместе взятое заставляет признать толщу почвы выше 72 см за делювиальный нанос.

Другой разрез сухой мари № 43 (№ 19509—17) у реки Мариловца подвергнут механическому анализу по двум горизонтам: 7—17 см (№ 19510) полуструктурный светлосерый и 120—130 см (№ 19517) типичная желтая порода (см. разрез № 43).

Как настоящий, так и предыдущий разрезы объединяются одним общим признаком — малым содержанием структурного органического вещества в дерновом горизонте. Этот признак

Разрез № 62

Название элементов и размер частиц (в мм)	Горизонты 0—10 факт. %	0—10 испр. %	12—22 факт. %	12—22 испр. %	43—53 факт. %	43—53 испр. %
Хрящ больше 3	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	—	—	—	—	—	—
Средний песок 1—0,5	2,32	2,31	0,52	0,51	0,13	0,13
Мелкий песок 0,5—0,25	2,98	2,96	1,49	1,47	1,32	1,31
Песчаная пыль 0,25—0,05	2,67	2,65	1,09	1,08	1,66	1,65
Крупная пыль 0,05—0,01	24,65	24,48	21,62	21,41	18,29	18,14
Средняя пыль 0,01—0,005	50,85	50,51	56,13	55,57	42,33	41,98
Тонкая пыль 0,005—0,001	7,50	7,45	7,82	7,74	10,41	10,32
Ил меньше 0,001	9,70	9,64	12,34	12,22	26,69	26,47
Растворимое в воде	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,67	100,00	101,01	100,00	100,83	100,00

Название элементов	Горизонты 72—82 факт. %	72—82 испр. %	92—102 факт. %	92—102 испр. %	110—120 факт. %	110—120 испр. %
Хрящ	—	—	—	—	—	—
Крупный песок	—	—	—	—	—	—
Средний песок	0,09	0,09	0,10	0,10	0,02	0,02
Мелкий песок	0,38	0,38	1,02	1,00	0,19	0,19
Песчаная пыль	3,21	3,24	3,59	3,54	2,84	2,88
Крупная пыль	10,32	10,41	12,75	12,58	9,98	10,11
Средняя пыль	39,73	40,06	43,09	42,39	40,36	40,88
Тонкая пыль	12,16	12,26	10,13	9,99	11,50	11,65
Ил	33,28	33,56	30,83	30,40	33,84	34,27
Растворимое в воде	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,17	100,00	101,51	100,00	98,73	100,00

отличает их от разреза сырой мари. В связи с этим и содержание растворимых веществ не достигает такой значительной величины, как в марях сырых. Если сопоставить значительное

Разрез № 62

Название элементов	Горизонты					
	112—122		130—140		175—185	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—	—	—
Крупный песок	—	—	—	—	—	—
Средний песок	0,02	0,02	0,06	0,06	0,02	0,02
Мелкий песок	0,08	0,08	0,81	0,81	0,07	0,07
Песчаная пыль	1,76	1,76	0,84	0,84	1,56	1,57
Крупная пыль	15,45	15,45	12,81	12,87	16,26	16,37
Средняя пыль	49,08	49,07	35,48	35,63	39,93	40,20
Тонкая пыль	9,63	9,63	10,62	10,67	9,32	9,38
Ил	23,99	23,99	38,95	39,12	32,17	32,39
Растворимое в воде	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,01	100,00	99,57	100,00	99,33	100,00

Разрез № 43

Название элементов и размер частиц (в мм)	Горизонты			
	7—17		120—130	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ больше 3	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	—	—	—	—
Средний песок 1—0,5	—	—	—	—
Мелкий песок 0,5—0,25	1,74	1,74	0,55	0,55
Песчаная пыль 0,25—0,05	2,39	2,39	2,90	2,90
Крупная пыль 0,05—0,01	8,29	8,29	7,97	7,98
Средняя пыль 0,01—0,005	61,08	61,09	46,27	46,33
Тонкая пыль 0,005—0,001	11,95	11,95	8,28	8,29
Ил меньше 0,001	13,33	13,33	33,12	33,16
Растворимое в воде	1,21	1,21	0,79	0,79
Сумма	99,99	100,00	99,88	100,00

среднее содержание ила в верхних 20 см обоих разрезов сухой мари — 17.09% или в разрезе № 62 — 10,93% и в разрезе № 43—23,25% с огромным содержанием средней пыли (в среднем 53,37%) или соответственно в разрезе № 62—53,04% и в разрезе № 43—53,71%, то придется признать почвы сухих марей тяжелыми глинистыми.

Лога поймы представлены разрезом № 35 (№ 19441—51). Горизонт 0—9 см представляет плотную дернину заливного луга. Горизонт 9—19 см (№ 19942) структурный дерновый, пронизанный массой корней. Горизонт 21—31 см (№ 19443) бесструктурный темносерый оглеенный с охристыми жилками по корням микотрофных растений. Разрез № 35 произведен на пойме реки Биры, на заливном вейниковом лугу.

Разрез № 35

Название элементов и размер частиц (в мм)	Горизонты 0—9 факт. %	0—9 испр. %	9—19 факт. %	9—19 испр. %	21—31 факт. %	21—31 испр. %	Среднее
Хрящ больше 3	—	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3 -1 .	3,59	3,53	0,10	0,10	0,07	0,07	1,23
Средний песок 1 — 0,5	1,66	1,63	0,18	0,18	0,10	0,10	0,64
Мелкий песок 0,5 — 0,25	1,54	1,51	0,22	0,22	0,41	0,41	0,71
Песчаная пыль 0,25 — 0,05	0,24	0,24	3,73	3,69	1,07	1,01	1,65
Крупная пыль 0,05 — 0,01	10,79	10,80	10,74	10,62	10,15	10,05	10,49
Средняя пыль 0,01 — 0,005	63,54	62,33	64,25	63,56	69,80	69,09	64,99
Тонкая пыль 0,005 — 0,001	4,84	4,76	7,51	7,43	5,81	5,75	5,98
Ил меньше 0,001 . . .	13,79	11,56	13,27	13,13	12,59	12,47	13,06
Растворимое в воде . .	1,67	1,64	1,08	1,07	1,06	1,06	1,25
Сумма	101,66	100,00	101,08	100,00	101,06	100,00	100,00

Разрез № 35 представляет типичную картину логов слоистой поймы с несколько преувеличенным содержанием ила, определяемым делювиальными сносами с грив слоистой поймы. Состав по горизонтам настолько однообразен, что делает возможным вывод среднего состава.

Гривы поймы можно разделить на две группы: собственно гривы, или высокие гривы, и гривы-останцы. Разрез № 108 (№ 19853—58) у селения Алексеевки представляет пример останца. Для анализа взяты: горизонт 30—40 см (№ 19855, светлосерая лёссовидная порода и горизонт 150—160 см (№ 19858) структурный черный погребенный.

Разрез № 108

Название элементов	Горизонты			
	30—40		150—160	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—
Крупный песок . .	—	—	—	—
Средний песок . . .	—	—	—	—
Мелкий песок . . .	0,88	0,88	1,67	1,66
Песчаная пыль . .	2,47	2,47	7,55	7,49
Крупная пыль . . .	7,56	7,56	4,29	4,26
Средняя пыль . . .	64,07	63,91	40,46	40,14
Тонкая пыль . . .	9,07	9,06	10,54	10,46
Ил	15,71	15,70	35,58	35,30
Растворимое в воде	0,42	0,42	0,69	0,69
Сумма . . .	100,18	100,00	100,78	100,00

Анализ с очевидностью подтверждает принадлежность невысоких грив к материковым образованиям. Вместе с тем эти два анализа наглядно иллюстрируют разницу в составе верхней и нижней морены, которые хотя и принадлежат к одному типу морены, образовавшейся преимущественно из пород основных,

но в образовании нижней морены участие кислых пород выражено сильнее. Это и заставляет отнести нижнюю морену к другому, более раннему периоду оледенения, в котором участие покровных осадочных пород, метаморфизированных во время процесса горообразования, должно быть более сильно выражено.

Высокие гривы поймы представлены двумя разрезами: № 174 (№ 20184—93) высокая грива на правом берегу реки Биджана — горизонт 0—10 см (№ 20184) полуструктурная супесь серого цвета; горизонт 35—45 см (№ 20186) полуструктурная красная супесь; горизонт 60—70 см (№ 20187) желтая супесь; горизонт 90—100 см (№ 20189) полусортированный песок; горизонт 150—160 см валунный песок. Разрез № 27 (№ 19379—89) высокая грива на левом берегу реки Большой Биры. Горизонт 0—6 см (№ 19379) полуструктурный темносерый дерновый; горизонт 6—16 см (№ 19380) полуструктурный светлосерый дерновый; горизонт 16—26 см (№ 19381) желтая

Разрез № 174

Название элементов и размер частиц (в мм)	Горизонты					
	0—10		35—45		60—70	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ больше 3	—	—	—	—	—	—
Крупный песок 3—1	2,60	2,56	2,26	2,26	2,55	2,56
Средний песок 1—0,5	25,84	25,50	20,70	20,62	38,71	38,83
Мелкий песок 0,5—0,25	12,65	12,48	21,83	21,74	19,14	19,20
Песчаная пыль 0,25—0,05	2,42	2,39	10,25	10,21	20,41	20,47
Крупная пыль 0,05—0,01	7,78	7,67	6,37	6,35	3,64	3,65
Средняя пыль 0,01—0,005	36,43	35,94	16,44	16,38	10,70	10,72
Тонкая пыль 0,005—0,001	3,69	3,64	4,94	4,92	2,49	2,50
Ил меньше 0,001	8,58	8,46	17,14	17,07	1,58	1,58
Растворимое в воде	1,38	1,36	0,45	0,45	0,49	0,49
Сумма	101,37	100,00	100,38	100,00	99,71	100,00

супесь; горизонт 136—146 см (№ 19387) перемытый сортированный песок.

В разрезах № 174 и № 27 наблюдается резко выраженная несогласованность механического состава глубоких слоев — соответственно 150—160 см и 136—146 см с вышележащими наносами рек. Упомянутые нижние горизонты в пойме Большой Биры и Биджана по своему составу представляют типичные образцы поддонной морены — подледникового элювия основной морены, из которой вымыты почти начисто все элементы мельче 0,25 мм. Отношение содержания элементов крупнее 0,25 мм к элементам мельче 0,25 мм в № 174 равно 97,63 : 2,23 и в № 27—89,25 : 10,05, в среднем 93,44 : 6,14, причем в том и другом случае содержание в породе валунов не учитывалось. В поверхностных горизонтах № 174 мы наблюдаем совсем иные отношения: для горизонта 0—10 см оно равно 40,54 : 58,90 и для горизонта 25—45 см — 44,62 : 54,93, в среднем 42,58 : 56,92. Для разреза № 27 в горизонте 0—6 см это отнощение 28,45 : 70,90 и в горизонте 6—16 см — 41,05 : 58,20, в среднем 34,75 : 64,55 или же в среднем для обоих разрезов — 38,67 : 60,74. Округляя эти числа, мы получим отношение элементов крупнее 0,25 мм к элементам мельче 0,25 мм в поддонной морене 10 : 1 и в современных наносах рек 2 : 3. Такого рода явления находят себе вполне удовлетворительное объяснение в чрезвычайно высокой прочности структурных элементов поверхностных горизонтов целинных почв района. Делювиальные потоки, обусловливающие разливы рек района, покрытого преимущественно целинными почвами марей и лесов, при размыве этих почв не в состоянии полностью лишить их структуры, и в сносимых частях почвы структурные элементы лишь механически уменьшаются в объеме и при отложении в области поймы грив сохранившиеся структурные элементы откладываются с отмытым от тонких раздельнозернистых элементов песком и песчаной пылью в соответствии с присущим им гидравлическим коэффициентом. В согласии с значитель-

ным содержанием тонких иловатых частиц, содержащих для горизонта 0—10 см разреза № 174—2,81% углерода или 4,85% перегноя, и состав растворимых в воде веществ содержит также значительное количество элементов зольной пищи растений. Так, растворимые в воде вещества, определяемые при механическом анализе по способу Вильямса, содержали для поверхностного горизонта разреза № 174 — фосфорного ангидрида 0,39%, окиси кальция 15,64%, окиси магния 0,22% и калия 2,35%. Значительное содержание кальция находится в согласии с чрезвычайной прочностью структуры почв Биробиджанского района.

Разрез № 174

Название элементов	Горизонты			
	90—100		150—160	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—
Крупный песок	3,75	3,77	7,79	7,81
Средний песок	30,44	30,63	27,15	27,22
Мелкий песок	42,04	42,31	62,44	62,60
Песчаная пыль	15,44	15,54	0,97	0,98
Крупная пыль	1,56	1,57	0,29	0,29
Средняя пыль	3,13	3,15	0,39	0,39
Тонкая пыль	0,74	0,74	0,18	0,18
Ил	1,73	1,74	0,39	0,39
Растворимое в воде	0,55	0,55	0,14	0,14
Сумма	99,38	100,00	99,74	100,00

Для целей хозяйственной характеристики почв основных угодий Биробиджанского района произведена серия химических определений для главных горизонтов ряда разрезов. Сырая марь характеризована разрезом № 116 (№ 19839—44) — сырая марь близ селения Алексеевки, горизонт 0—7 см (№ 19839)

структурный и 14—25 см (№ 19840) полуструктурный темно-серый дерновый.

Разрез № 116

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—7 см	10,66	14,77	0,62	0,03
14—25 см	4,66	9,64	0,15	0,02

Разрез № 27

Название элементов	Горизонты							
	0—6		6—16		16—26		136—146	
	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %	факт. %	испр. %
Хрящ	—	—	—	—	—	—	—	—
Крупный песок . .	1,83	1,82	2,74	2,72	2,66	2,66	2,83	2,81
Средний песок . .	18,42	18,26	27,92	27,75	27,20	27,17	72,54	72,04
Мелкий песок . . .	8,44	8,37	10,65	10,58	5,20	5,19	14,50	14,40
Песчаная пыль . .	7,23	7,17	9,64	9,58	11,06	11,05	5,90	5,86
Крупная пыль . .	11,95	11,85	10,32	10,25	11,80	11,79	0,70	0,70
Средняя пыль . .	40,25	39,89	30,48	30,29	31,32	31,29	2,06	2,04
Тонкая пыль . . .	3,95	3,92	5,56	5,52	6,22	6,21	0,39	0,39
Ил	7,52	7,45	2,58	2,56	4,26	4,26	1,07	1,06
Растворимое в воде	1,28	1,27	0,75	0,75	0,38	0,38	0,70	0,70
Сумма	100,87	100,00	100,64	100,00	100,10	100,00	100,69	100,00

Разрез № 12 (№ 19236—41) — сырая марь в третьей трети восточного склона хребта Шуки-Поктой; горизонт 0—5 см (№ 19236) структурная дернина; горизонт 12—21 см (№ 19238) бесструктурный подзол с вкраплениями аморфного кремнезема; горизонт 24—34 см (№ 19239) — то же с примесью кусков рухляка.

Разрез № 12

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—5 см	30,46	4,62	0,90	—
15—21 »	1,14	3,96	0,07	0,02
24—34 »	1,70	5,72	0,08	0,01

Разрез № 173 (№ 20174—82) марь, покрытая густым травостоем амурской вики, на правом берегу реки Биджана, у селения Ферганишки. Горизонт 0—10 см (№ 20174); горизонт 0—10 см (№ 20183) — то же из разреза 173-а, рядом с разрезом № 173; горизонт 11—21 см (№ 20175) структурный серый.

Разрез № 173

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	18,37	18,87	0,95	0,05
0—10 »	9,76	13,91	0,43	0,03
11—21 »	7,00	12,37	0,34	0,03

Разрез № 141 (№ 19949—62) — орешниково-ерниковая марь на заповеднике Бирского опытного поля, защищенная от палов. Горизонт 0—10 см (№ 19950) структурный черный дерновый; горизонт 10—20 см (№ 19951) структурный серый.

Разрез № 142 (№ 19971—87)—та же марь, ежегодно палимая: горизонт 0—10 см (№ 19971) структурный черный; горизонт 20—30 см (№ 19973) структурный серый.

Разрез № 143 (№ 20001—4)—та же марь, обращенная в течение ряда лет в пашню Бирского опытного поля: горизонт 0—10 см (№ 20001) полуструктурный серый; горизонт 15—25 см (№ 20002) бесструктурный подзолистый.

Разрез № 141

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	12,87	14,80	0,43	0,04
10—20 »	5,47	10,25	0,07	0,02

Разрез № 142

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	9,75	13,72	0,81	0,04
20—30	4,90	7,49	0,25	0,02

Разрез № 143

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	9,00	5,65	0,18	0,02
15—25 »	1,50	7,31	0,12	0,01

Разрез № 127 (№ 18899—903)—орешниковая марь близ селения Бомба; горизонт 0—8 см (№ 19899) структурный черный.

Разрез № 126 (№ 19863—98)—та же марь, распаханная под поля селения Бомба; горизонт 10—20 см (№ 19863).

Разрез № 127

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—8 см	25,10	11,59	1,02	0,04

Разрез № 126

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
10—20 см	2,21	7,33	0,24	0,02

Разрез № 19 (№ 19290—303)—сырая бугристая марь на Международном участке; горизонт 0—4 см (№ 19290) полуструктурный темносерый; горизонт 30—40 см (№ 20622) бесструктурный подзолистый; горизонт 70—80 см (№ 19296) структурный подзолистый; горизонт 160—170 см (№ 20623).

Разрез № 64 (№ 19756—81)—сырая марь между реками Малой Самарой и Енотовкой; горизонт 20—30 см (№ 20630) бесструктурный подзолистый; горизонт 115—125 см (№ 20631) бесструктурный погребенный черный; горизонт 170—180 см (№ 20632)—желтая материнская порода.

Разрез № 19

Горизонт	Окиси (в %)				Кислотность в % окиси кальция	
	кальция	магния	калия	натрия	обменная	гидролитич.
0—4 см	0,31	0,07	0,08	0,05	0,02	0,68
30—40 »	0,22	0,10	0,03	0,03	0,05	0,23
70—80 »	0,35	0,19	0,02	0,04	0,05	0,32
160—170 »	0,44	0,18	0,03	0,02	0,01	0,12

Все полученные аналитические данные указывают на значительное содержание элементов зольной пищи в верхних горизонтах целинных почв Биробиджанского района и вместе с тем на быстрое обеднение ими этих почв при их обращении в пахотные угодия. Этого явления нельзя не сопоставить с неумеренными применениями огня при обращении почв в

Разрез № 64

Горизонт	Окиси (в %)				Кислотность в % окиси кальция	
	кальция	магния	калия	натрия	обменная	гидролитич.
20—30 см	0,12	0,08	0,02	0,03	0,07	0,51
115—125 »	0,79	0,20	0,03	0,04	0,01	0,40
170—180 »	0,49	0,19	0,04	0,04	0,01	0,21

состояние пахотных угодий. При этом приеме все богатство накопленного азота разрушается безвозвратно и бесполезно. Но вместе с тем и соединения фосфора переводятся палами в растворимое в природной воде состояние и при изобилии летних осадков легко смываются с непаханной почвы марей и лугов. Если прежние переселенцы не имели иного выхода, как прибегать к огню, то при организованном освоении района этот прием может применяться только в рамках, лишающих его расточительного характера.

Последняя из приведенных таблиц указывает на чрезвычайно высокое содержание поглощенных оснований. Резкое повышение до очень большой высоты поглощенных кальция и магния в горизонте 115—125 см разреза № 64, который представляет погребенный дерновый горизонт, подтверждает сделанный мною ранее вывод, что этот горизонт, пользующийся всеобщим распространением по всему району, представляет действительно дерновый горизонт периода, предшествовавшего периоду последнего оледенения.

Только в разрезе № 12 в горизонте 24—34 см встречается повышение содержания перегноя и азота, указывающее на некоторое обособление рудякового горизонта. Последний во всем районе не встречается в форме обособленного горизонта, что согласуется с чрезвычайной выравненностью механического

состава материнской породы района и с чрезвычайно богатым содержанием в ней иловатых элементов.

Обращает на себя внимание соотношение между высоким содержанием поглощенных щелочей и высокой кислотностью почв. Это заставляет с большой осторожностью отнестись к выбору формы извести, применение которой, несомненно, потребуется при обращении почв в культурное состояние, для усреднения их избыточной кислотности. Применение обычной углекислой извести или гашеной извести внушает некоторое опасение создания в почве условий образования углекислых щелочей и обращения почв в солонцы путем лишения их структурного состояния. Возникает вопрос о предварительном или совместном с известкованием гипсовании этих почв, и этот вопрос должен быть немедленно поставлен на разрешение местных опытных учреждений.

Хозяйственные свойства почв сухой мари характеризованы разрезами: № 43 (№ 19509—17) сухой мари отрогов хребта Чурки; горизонт 0—7 см (№ 19509) структурный черный дерновый; горизонт 7—17 см (№ 19510) полуструктурный светлосерый подзолистый; горизонт 30—40 см (№ 19512)—желтая порода.

Разрез № 43

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—7 см	11,63	11,32	0,71	0,27
7—17 »	3,54	8,12	0,22	—
30—40 »	2,04	9,32	0,14	—

Разрез № 146 (№ 20015—19)—сухая марь на шлейфе западногоо трога хребта Малые Чурки близ селения Лазарево; горизонт 0—10 см (№ 20015) структурный темносерый дерновый. Разрез № 145 (№ 20012—14)—целина там же рядом с рисо-

вой плантацией селения Лазарево; горизонт 0—10 см (№ 20012) структурный темносерый дерновый; горизонт 10—20 см (№ 20013) бесструктурный светлосерый подзолистый; горизонт 20—30 см (№ 20014) желто-серая порода. Разрез № 147 (№ 20025 31) там же, пятилетняя залежь у селения Лазарево; горизонт 0—10 см (№ 20025) полуструктурный темносерый дерновый. Разрез № 148 (№ 20032); горизонт 0—10 см полуструктурный темносерый дерновый.

Разрез № 146

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	13,08	5,27	0,75	0,29

Разрез № 145

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	15,78	4,21	0,81	0,29
10—20 »	4,73	3,81	0,29	0,13
20—30 »	1,68	3,22	0,14	0,07

Разрез № 147

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	7,60	3,49	0,42	0,15

Разрез № 148

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	8,32	4,71	0,43	0,20

Разрез № 62 (№ 19717—39) ровная сухая марь у селения Благословенного; горизонт 0—8 см (№ 20625) структурный черный дерновый; горизонт 15—25 см (№ 20626) полуструктурный светлосерый; горизонт 35—45 см (№ 20627) бесструктурный подзолистый; горизонт 65—75 см (№ 20628) полуструктурный подзолистый; горизонт 112—125 см (№ 19733) структурный черный погребенный; горизонт 180—190 см (№ 19739) желтая порода.

Разрез № 62

Горизонт	Окиси (в %)				Кислотность в % окиси кальция	
	кальция	магния	калия	натрия	обменная	гидролитическая
0—8 см	0,68	0,14	0,08	0,06	0,01	0,49
15—25 »	0,21	0,09	0,03	0,02	0.02	0,21
35—45 »	0,18	0,05	0,02	0,02	0,02	0,15
65—75 »	0,28	0,08	0,03	0,03	0,03	0,13
112—125 »	0,35	0,13	0,05	0,06	0,01	0,08
180—190 »	0,42	0,18	0,04	0,04	0,01	0,06

По отношению к почвам сухой мари можно повторить все сказанное про почвы сырой мари, прибавив лишь, что почвы сухой мари отличаются еще большим богатством перегноя, азота и фосфора, чем почвы сырой мари, и что содержание и перегноя, и азота, и фосфора распределяется на большую глубину.

Характер почв болот Биробиджанского района ясно обрисовывается из анализа торфа разреза № 131 (№ 19913—17) на Малом Бирском переселенческом участке, в пади у подножия южного отрога хребта Шуки-Поктой; горизонт 5—15 см (№ 19914) из-под нетолстого слоя живого сфагнового очеса, темнобурый, хорошо разложившийся торф с древесными остатками.

Разрез № 131

Горизонт	Общая зольность %	Азот %	Фосфорный ангидрид %	Окись калия %	Окись кальция %	Серный ангидрид %
5—15 см	43,86	1,92	0,26	0,21	0,46	0,17
48—54 »	50,40	1,22	0,13	0,10	0,22	0,14

Запас элементов пищи растений в торфах Биробиджанского района очень велик, и при значительных уклонах местности эти болота при максимальных затратах на мелиорацию могут быть обращены как в ценное кормовое угодие, так и служить базой для промышленного огородничества.

Элементы поймы рек Биробиджанского района для логов — понижений между грядами характеризованы разрезами № 119 (№ 19859—64); лог между высокими гривами на пойме реки Большой Биры близ селения Алексеевки; горизонт 0—10 см (№ 19859).

Разрез № 119

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	47,51	16,92	0,91	0,06

Огромное количество органического вещества в дерновом горизонте заливного луга представляет результат быстроты тока полой воды по логам во время половодья. В результате этого явления нарастание минеральной массы дернового горизонта происходит преимущественно за счет делювиальных сносов с прилегающих грив, почва которых содержит значительное количество мелкозема. Подтверждение этого видно из очень

высокого содержания в дерновом горизонте конституционной воды. Вследствие недостаточного отложения минеральных элементов идет усиленное накопление органических остатков и ухудшение качества лугов, несмотря на огромное содержание элементов пищи растений в почве дернового горизонта лугов.

Для хозяйственной характеристики почв грив поймы выбраны: разрез № 27 (№ 19379—89) высокая, поросшая монгольским дубом и черной даурской березой грива на пойме реки Большой Биры; горизонт 0—6 см (№ 19739) полуструктурный темносерый; разрез № 174 (№ 20084—99), высокая грива на правом берегу реки Биджана близ селения Ферганишки; горизонт 35—45 см (№ 20086) бурая супесь; горизонт 90—100 см (№ 20089) полусортированный песок без хряща; разрез № 163 (№ 20096—105) вершина гряды, марь, на левом берегу реки Биджана близ селения Успеновки, кустарниковая поросль дуба и ерника; горизонт 0—8 см (№ 20097) структурный темносерый; горизонт 10—20 см (№ 20097) структурный серо-желтый подзолистый; разрез № 170 вершина гряды на правом берегу реки Козулихи; горизонт 0—10 см (№ 20159) бесструктурный серо-желтый дерновый; горизонт 20—30 см (№ 20160) бесструктурный серо-желтый подзолистый; горизонт 125—135 см (№ 20163) желтая порода; разрез № 118 (№ 19853—58) высокая грива реки Биры, поросшая монгольским дубом, близ селения Алексеевки, горизонт 3—12 см (№ 19854) структурный серый; разрез № 120 (№ 19865—69) склон той же гривы (№ 118), горизонт 0—10 см (№ 19865) структурный дерновый.

Разрез № 27

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—6 см	8,84	2,51	—	—

Разрез № 174

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
35—45 см	0,49	7,69	—	—
90—100 »	0,07	0,95	—	—

Разрез № 163

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—8 см	14,15	9,88	0,38	0,02
10—20 »	3,40	20,96	0,15	0,01

Разрез № 170

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	3,12	3,18	0,13	0,06
20—30 »	0,50	4,04	0,07	0,05
125—135 »	0,29	4,75	0,07	—

Разрез № 118

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
3—12 см	21,71	5,60	0,59	0,02

Разрез № 120

Горизонт	Перегной %	Конст. вода %	Азот %	Фосфорн. ангидрид %
0—10 см	17,57	11,83	0,86	0,03

Почвы грив поймы рек Биробиджанского района отличаются значительно меньшим содержанием элементов пищи растений и поэтому гораздо отзывчивее на влияние положения на элементах рельефа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из предыдущего изложения в достаточно ярком свете выяснились главные природные предпосылки технических моментов организации сельскохозяйственного производства в Биробиджанском районе Дальневосточного края.

Эти моменты могут быть разделены на две группы, неразрывно связанные друг с другом: моменты климатические и моменты почвенные. Если мы пока еще принуждены приспособляться к первым, то вторые находятся в пределах технической досягаемости.

К особенностям климатическим, которые, несомненно, в ближайшее время окажут свое влияние на распределение капиталов, завязанных в производстве, нужно прежде всего отнести суровую и продолжительную зиму. Не подлежит сомнению, что суровость зимы несколько уменьшится под влиянием приведения района в культурное состояние, но это смягчение не может быть настолько значительным, чтобы затушевать общее значение фактора суровой зимы.

Сказанное в значительной мере повлияет на относительную величину капитала в постройках и, несомненно, должно выдвинуть на видное место разработку перспективного плана капитального строительства. При разработке плана строи-

тельства должны быть учтены следующие моменты: жилые помещения и общественные здания должны быть не только рассчитаны на холодную зиму и снабжены соответствующими отопительными приспособлениями, но и перекрытия их и стены, противостоящие господствующему направлению летних ветров, должны быть рассчитаны на восприятие ливневых дождей. Постройки для помещения производительного скота должны быть также рассчитаны на холодную зиму, и часть их по указанию ветеринарного надзора должна быть снабжена отоплением. Производительное животноводство не может быть организовано в холодном помещении. Постройки для хранения продуктов сельского хозяйства также не должны допускать сколько-нибудь сильных и в особенности быстрых колебаний температуры. Это касается не только помещений для хранения корне- и клубнеплодов, но и хранилищ зерна, как посевного, где это требование особенно важно, так и товарного, особенно экспортного. Даже помещение для хранения сложного инвентаря должно быть защищено от резких колебаний температуры, которые неминуемо приводят к порче и преждевременному износу машин.

Суровость зимы выдвигает еще один важный организационный вопрос — о снабжении населения дешевым топливом. Я не имею достаточных оснований предполагать возможность благоприятного разрешения в близком будущем вопроса о снабжении Дальневосточного края жидким или твердым минеральным топливом, но мне представляется более осторожным ориентироваться на местные ресурсы. Этими последними не могут служить местные болота вследствие чрезвычайно высокой зольности слагающего их торфа. Эти болота представляют высокоценные угодия с точки зрения их сельскохозяйственного использования, но могут дать лишь очень низкого качества горючее, с настолько малой теплотворной способностью, что даже вряд ли могут служить предметом кустарной разработки. Эти соображения выдвигают на видное место вопрос о значении

не только для Биробиджанского района, но и для всего Дальневосточного края так называемых лесов «местного значения».

Говоря о лесах местного значения, я не имею в виду так называемых «абсолютно лесных массивов», считая, что роль последних в народном хозяйстве достаточно ясна и не требует дальнейших доказательств. Не могу все-таки не остановиться на особо важном значении горных лесов на Дальнем Востоке ввиду климатических его особенностей. Не нужно доказывать, что режим Амура и других главных артерий края с каждым годом принимает все более стихийный и вместе с тем все более катастрофический характер, все более приближаясь к стихийному режиму китайских рек.

Изучение поймы рек Биробиджанского района показало, что всюду современная слоистая пойма Амура, Биджана, Биры и менее значительных рек района под покровом современного «рёлочного» ландшафта сохраняет погребенную зернистую пойму, свойственную рекам облесенного бассейна. Было бы несправедливо приписать изменение режима рек Дальнего Востока одному только хищническому хозяйству в горных лесах — регуляторах водного режима страны. Природный процесс смены лесного — таежного периода эволюции растительных сообществ луговым периодом приводит к тому же конечному результату. Это, конечно, ни в какой мере не может освободить нас от заботы о сохранении лесного покрова гор, тем более, что раз природный процесс изучен, мы имеем в руках все нити для направления его сообразно нашим нуждам. Вопросы сохранения горных лесов хорошо разработаны в европейской литературе, и так как сохранение горных лесов является в народном хозяйстве источником немедленного, большого и устойчивого дохода, тогда как возобновление исчезнувших лесов может начать приносить доход не ранее, как через полвека, а достигнуть максимальной доходности лишь по прошествии не менее столетия, то казалось бы, что колебаний в выборе между этими двумя категориями мероприятий быть не может. На

основании сказанного я считаю неотложной задачей немедленную разработку плана хозяйства в горных и предгорных лесах осваиваемого района.

Но сказанное касается лесных массивов общесоюзного значения, в дальнейшем же я имею в виду леса местного значения, или, лучше было бы сказать, леса агрономического значения. Если леса общесоюзного значения являются регуляторами водного хозяйства всей страны, то и роль лесов местного или агрономического значения была бы сильно умалена, если не обратить внимания и на общесоюзную роль этих лесов.

Почва леса в среднем пользуется меньшим притоком атмосферной воды, чем почва других угодий. Причиной этого является большая испаряющая поверхность кроны, которая должна быть смочена ранее, чем вода достигает почвы. Но зато все количество воды, достигшей почвы леса, поглощается мертвой лесной подстилкой хвойных лесов или лесным войлоком лиственных лесов. Все количество весенней воды, образующейся при таянии снега, также целиком проникает в почву, которая оттаивает задолго до начала таяния снега. Оттаивание лесной почвы начинается вокруг главных корней дерева вследствие высокой теплопроводности сочной древесины живого дерева.

Не подлежит сомнению, что сам лес испаряет часть проникшей в почву воды, но лес может испарить лишь ту воду, которая проникла в область влияния его корневой системы. Но кроме медленного волосного проникновения воды в почву леса, проникновения, регулируемого самим лесом, как растительным сообществом, создающим автоматически ту разницу потенциалов влажности, которая представляет стимул движения воды в волосном теле, — вода под лесом имеет еще два пути движения. Часть воды проникает в почву леса по неволосным промежуткам, которых в почве леса изобилие. По этим промежуткам вода проникает до той сети трещин, которая всегда пронизывает всякую материнскую породу, и этим путем

устанавливается медленный, но длительный ток воды, проникающий до первого водоносного горизонта и определяющий интенсивностью своего притока минимальный уровень летней межени. До очевидности ясно, что величина доли атмосферных осадков, проникающих этим путем в реки, прямо пропорциональна величине лесной площади бассейна реки. В этом и кроется причина полного иссякания рек второго порядка в обезлесенных районах. Эти реки обратились во временные водотоки, бушующие весной и после всякого ливня и обращающиеся летом в ряд гниющих бочагов — рассадников малярии. В таких областях сохраняются лишь реки первого порядка, текущие по поддонной морене и питаемые первым горизонтом грунтовой воды, водосборный театр которого выходит за пределы обезлесенной области. Но и в этих крупнейших водных артериях уровень воды колеблется в чудовищных пределах от катастрофического стихийного весеннего разлива, не поддающегося не только регуляции, но и простому предвидению, до несудоходной межени, во время которой караваны баржей со срочными грузами хлеба, горючего, леса, металла принуждены ожидать очереди пропуска через перекат, в котором «землечерпательный» караван наспех расчищает временный фарватер, временный — до следующего половодья или ближайшего паводка. В устранении причин этих явлений и кроется общесоюзное значение этих лесов, носящих слишком скромное название.

Но кроме только что указанного значения, кроме разгрузки транспортной сети от непроизводительной переброски нетранспортабельных грузов по поверхности одной шестой части суши земного шара, кроме ликвидации древесинного голода, кроме возвращения по их прямому назначению миллионов тонн кизяка, самана и соломы, кроме ликвидации наших национальных отраслей животноводства — скотоводства навозного, горючего и строительного — и возвращения его в старые формы животноводства производительного — шерстяного, мясного, мо-

лочного и т. д., — леса агрономического значения имеют и еще роль, значение которой трудно переоценить, — они представляют природные регуляторы влажности почвы наших полей. Даже Биробиджанский район при кажущемся огромном избытке атмосферных осадков страдает от весенней и осенней засухи при годовом слое осадков от 70—80 см до 1 метра.

Агрономическая роль лесов местного значения выясняется из довольно сложной комбинации предпосылок. Вода, притекающая из атмосферы равномерно ко всем элементам рельефа, распределяется на них неравномерно. Проникшая в почву вода по склону рельефа стекает по направлению к нижним элементам, к долинам. Так как все элементы рельефа получают из атмосферы одинаковое количество воды, то при движении с водораздела поток почвенной воды входит в почву, уже содержащую воду. Вследствие этого скорость потока все более замедляется, и очевидно, что количество воды в почве возрастает по мере приближения к долинам. Так как проникновение воды вниз, в материнскую породу, затруднено ее плотностью, то по мере приближения к долине уровень почвенной воды все более приближается к поверхности почвы. Таким образом, водный режим почвы по мере удаления от водораздела и приближения к долине делается все более устойчивым, и снабжение растений водой все более обеспеченным во времени. Так как пища, усвояемая растениями, должна быть растворима в воде, то понятно, что и количественное распределение ее по элементам рельефа подчиняется тому же правилу, как и распределение воды.

Вследствие сказанного прирост массы травянистых природных растений на водоразделах всегда очень велик, и их мертвые остатки содержат мало зольных элементов, что в сильной степени затрудняет их разложение. В почве водораздела накопляется структурное органическое вещество, но образуется мало перегноя, и эти почвы никогда не обладают прочной структурой. В бесструктурную почву вода осадков проникает

с большой медленностью, и бо́льшая часть ее стекает по поверхности. Запас воды в почвах водоразделов никогда не бывает большим; почвенная вода с них быстро стекает, и запас воды в них зависит только от частоты дождей. Если вспомнить, что количество труда и энергии, необходимых для обработки почвы, ни в какой степени не зависит от величины урожая, то станет ясным, что труд, применяемый при культуре травянистых растений на водоразделах, будет всегда минимально производителен.

Производительной на водоразделах может быть только культура многолетних деревянистых растений — леса, не зависящего в своем водном и пищевом режиме от поверхностных горизонтов почвы.

Но кроме погашения непроизводительности труда на приблизительно одной трети территории производства, водораздельный лес представляет могучий регулятор влажности почвы склонов. Вода, проникшая в лесную подстилку или в лесной войлок, медленным беспрерывным током стекает по направлению склонов и беспрерывно поддерживает в них величину запаса воды.

Кроме сказанного, пока существует лес на водоразделе, в нем создаются все условия превосходного роста травянистых растений. Влажность почвы обеспечена, и запас пищи беспрерывно возобновляется разложением хвои, листьев и ветвей, образовавшихся за счет зольных элементов глубоких слоев. Поэтому под пологом водораздельного леса и по лесосекам его создаются роскошные пастбища, значение которых в условиях Биробиджанского района очень велико, ибо, как мы увидим далее, направление всего хозяйства, по техническим соображениям, должно быть животноводческим. Пастьба скота в лесах агрономического значения должна неминуемо вызвать необходимость искусственного лесовозобновления.

Нельзя также забывать, что вследствие благоприятных условий развития маньчжурской и амурской лип и леспедецы,

леса местного значения играют большую роль для развития чрезвычайно доходной статьи — промышленного пчеловодства.

Все вместе взятое заставляет занять все водораздельные элементы рельефа района, в особенности же вершины грив на пойме, сложенные из более легких почв, лесами местного значения, устроенными по упрощенному плану хозяйства. Выработка этих планов должна быть поручена лицам соответствующей квалификации.

Вторым климатическим элементом, накладывающим свой отпечаток на строй хозяйства в Биробиджанском районе, является особенность распределения летних осадков. Наибольшее количество осадков и максимальное число дней с осадками приходится на три летних месяца, что создает значительное затруднение с уборкой. По отношению к хлебам представляется выход в выборе поздних рас, уборка которых приходилась бы на вторую половину августа и на первую половину сентября. Повидимому, это и является одной из главных причин позднеспелости главных туземных хлебов и масличных. Та же причина в сильной мере ограничивает распространение озимых хлебов. Несомненно, что этот момент нужно отнести к требующим серьезного внимания отрицательным моментам. Кривые напряжения труда и работы должны достигнуть своего апогея в августе, сентябре и в октябре. Возможность растяжения кривой напряжения работы выбором сортов, разновременно созревающих, очень ограничена. Это накладывает обязательство в сильной степени механизировать уборку и применять, по возможности, механические двигатели, способные срезать кульминационные участки кривой этой работы.

Еще бо́льшие затруднения можно предвидеть при уборке полевых многолетних трав, введение которых неминуемо предстоит по причинам, которые будут освещены ниже. Сильно дождливые июнь, июль и август заставляют строго соблюдать уборку трав перед самым моментом их цветения. Строгое соблюдение этого срока не только позволит получить наиболее

полноценное по кормовому достоинству сено с наибольшим содержанием белков и с наименьшим содержанием клетчатки, но и увеличит шансы благоприятной уборки. Но главные выгоды раннего первого укоса заключаются в том, что при нем можно наверное рассчитывать на второй укос, который поспеет к уборке ко времени минования дождливого периода. Во всяком случае, хозяйство в условиях избыточного летнего количества осадков должно организационно предвидеть необходимость возможно быстрой уборки трав, т. е. должно довести эту операцию до наиболее полной механизации как по отношению к моментам снятия урожая и его сушки, так и в отношении перевозки. Кроме того, на случай неудачно сложившихся условий сушки хозяйство должно быть готово к консервированию урожая посредством силосования.

Моменты максимальной механизации операций уборки, равно как и очевидная необходимость существования приспособления для массовой сушки зерна превосходно укладываются в организационные рамки, но вместе с тем они предопределяют и формы землепользования. Совершенно очевидно, что высокая степень механизации совершенно недостижима на фоне единоличного мелкого хозяйства, и единственная возможность рациональной механизации производства открывается исключительно в организационных формах крупного обобществленного землепользования — крупного колхозного строительства.

К такому же заключению приводит необходимость сооружения теплых скотных дворов, конюшен, амбаров и устройства дерносушилок и силосов. Выгодность сооружения и преимущества эксплоатации и применения электрификации и механизации операций продуктивного животноводства настолько очевидны и мероприятия эти настолько разработаны, что доказывать их нет необходимости.

Наиболее важное и ответственное обязательство налагается на организатора сельскохозяйственного производства в Биро-

биджанском районе особенностями его почв. Мы уже видели, что, за исключением почв грив поймы Амура, все почвы района должны быть признаны очень тяжелыми глинистыми. В целинном состоянии эти почвы в дерновом горизонте обладают чрезвычайно хорошо выраженной и чрезвычайно прочной структурой. Эта прочность структуры обусловлена высоким процентом поглощенного кальция. То же высокое содержание поглощенного кальция определяет и мелкоагрегатное — лёссовидное состояние не только материнской породы, но сплошь и рядом и подзолистого горизонта.

Если принять в соображение, что в образовании материнских пород района коренные карбонатные породы, повидимому, почти не принимали участия, судя по тому, что среди многих десятков образцов горных пород, собранных экспедицией, нет ни одного образца известняка или мрамора, — то надо приписать происхождение поглощенного кальция выветриванию известковых полевых шпатов и других алюмосиликатов, входящих в состав коренных пород, слагающих горные хребты местности. В этом случае содержание кальция в рухляке выветривания не могло быть большим, и среди нескольких сот собранных образцов горизонтов почв и материнских пород ни разу не обнаружено ни одного случая даже намека на вскипание. Приняв в соображение огромное количество летних дождей и легкость выщелачивания кальция из почвы, нужно богатство поглощенным кальцием всех почв района приписать деятельности огромного количества бобовых, принимающих участие в сложении всех растительных сообществ района. Без участия бобовых, выносящих своими корнями известь из нижних горизонтов породы и откладывающих ее в верхних горизонтах почвы, последние утратили бы очень быстро свою структуру и, несмотря на свое чрезвычайное богатство всеми, без исключения, элементами пищи растений, обратились бы в плотные, бесструктурные, абсолютно непроницаемые для воды и воздуха, бесплодные, тяжелые глинистые

породы. Такова причина огромного распространения чрезвычайного разнообразия флоры бобовых.

Вывод отсюда до очевидности ясен. Почвы с таким содержанием азота, фосфора и калия, как почвы Биробиджанского района, за указанным выше исключением почв грив поймы Амура, с таким содержанием перегноя и поглощенного кальция и с таким содержанием ила должны быть признаны принадлежащими к самому высшему первому классу технической классификации почв, при том, однако, условии, что они обладают существенным свойством, отличающим почву от горной породы, — структурностью. Раз подобные почвы утратили присущую им природную структуру, они обращаются в бесплодную породу, в которой ни высшие растения, ни аэробная микрофлора — условие питания высших растений — не находят предпосылок для своего развития. Для такой утраты своего плодородия не требуется полной утраты структуры почвы в такой степени, чтобы все структурные элементы ее были обращены в раздельнозернистое состояние. Достаточно, чтобы было разрушено такое количество комков, которое могло бы дать объем раздельнозернистой почвы, достаточный для заполнения большинства промежутков между оставшимися комками; для этого достаточно привести в раздельнозернистое состояние около одной пятой части всех комков. И в рассматриваемом случае падение производительности будет очень сильное, так как бесструктурная тяжелая глина абсолютно не проницаема для воды и воздуха. Почвы Биробиджанского района будут быстро выпахиваться, и это свойство присуще всем первоклассным почвам при их полевой культуре.

В силу сказанного критическим — самым практически важным — вопросом земледелия на почвах Биробиджанского района представляется вопрос о сохранении прочности структуры полевых почв; от его решения будет зависеть и решение двух неразрывно между собой связанных важнейших вопросов сельскохозяйственного производства — вопрос о степени произво-

дительности труда в производстве и вопрос о колонизационной емкости района.

Прочность структуры почвы зависит от двух совершенно равнозначимых условий—от количественного содержания в почве аморфного перегноя и от степени насыщенности его двухвалентными катионами, практически — катионом кальция.

Утрата структурности почвы может оказаться следствием двух порядков причин — механического разрушения структурных элементов почвы — ее комков или утраты ими прочности.

Механическое разрушение комков происходит под влиянием ряда явлений, связанных с самой культурой почвы, во время которой комки почвы разрушаются ногами людей, копытами животных, колесами машин и повозок, передвигающихся по поверхности поля, трением рабочих частей орудий обработки почвы и ухода за растениями. Вторым моментом механического разрушения структуры является механическое влияние ударов дождевых капель и механическое воздействие ветра и ударов переносимых им элементов почвы.

Эти моменты предусматриваются организацией системы обработки почвы и системы севооборота.

Утрата прочности структурных элементов почвы неизбежно совершается под влиянием двух категорий причин — чисто химических и биологических причин. Первая категория причин— химических — неизбежно проявляется в вытеснении поглощенного перегноем катиона кальция (и магния) одновалентным катионом аммония, всегда присутствующим в виде аммонийных солей во всех атмосферных осадках. Перегной, в котором поглощенный кальций замещен аммонием, приобретает свойство образовывать в воде коллоидальный раствор, стремится равномерно распределиться в воде, и комки, склеиваемые им в сухом состоянии, в воде расплываются, утрачивают свою форму, и почва обращается в аморфную бесструктурную массу — заплывает. Подобное же явление происходит и при применении

навозного удобрения, особенно неперепревшего, и при применении азотных и калийных удобрений и тех фосфорных, при применении которых может освобождаться одновалентный катион.

С отрицательным влиянием этих моментов лишь до известной степени можно бороться при помощи известкования или гипсования почвы, или частично путем рационального применения комбинаций удобрений, и отчасти эта борьба входит в задачи обработки, но систематическая борьба, особенно с влиянием атмосферных осадков и навозного удобрения, объединяется с мерами борьбы с последствиями главной причины утраты прочности структуры почвы — последствиями микробиологической жизни почвы.

Сущность микробиологической причины утраты почвою прочности заключается в том, что для питания травянистых культурных растений, которые все принадлежат к группе автотрофно питающихся, мы должны создавать в почве условия аэробного разложения органического вещества. Это и составляет одну из главных задач системы обработки почвы. Но создавая условия аэробиозиса в почве, мы ставим в условия быстрого и полного разложения всё, без исключения, мертвое органическое вещество почвы, в том числе и перегной, который служит одним из лучших источников питания растений азотом, и таким образом, создавая условия питания растений, мы неизбежно создаем условия разрушения основной причины прочности почвы. Очевидно, что чем лучше условия питания растений, тем в той же мере улучшаются и условия разрушения перегноя.

Таким образом, очевидно, что рядом с системой обработки почвы, системой севооборота и системой удобрений, земледелие, как система создания условий плодородия почвы, должно заключать в себе и систему восстановления прочности почвы, или, как ее принято называть, систему восстановления плодородия почвы, или, короче, так называемую систему земле-

делия. И только на фоне системы земледелия, как основной *технической* системы, обусловливающей устойчивость условий плодородия почвы, выполнимо планомерное осуществление устойчивой *экономической* организации хозяйства.

Современное состояние развития науки о сельском хозяйстве признает только одну систему земледения, — травопольную, и сохранившееся еще до сих пор реликтное понятие о существовании паровой системы — не более как результат неосведомленности ее последователей, пребывающих в блаженном состоянии неведения об успехах микробиологии, химии коллоидального состояния вещества и современных успехах физиологии растений и животных, минералогии и геологии, подкрепляемого своеобразным психологическим положением — чего я не знаю, того не существует.

Мы уже видели, что для питания культурных растений мы, при посредстве обработки почвы, принуждены разрушить мертвое органическое вещество почвы. Само культурное однолетнее растение ни при каких условиях не может накопить в почве мертвого органического вещества, так как его отмершие пожнивные остатки остаются в почве, содержащей минимум воды, израсходованной им же для создания своего урожая. Минимум воды в почве — синоним максимума содержания в ней воздуха, и мертвые остатки растения подвергаются стремительному аэробному разложению, и через две недели в массе почвы никаких следов пожнивных остатков уже нет. В случае очень позднего отмирания однолетнего растения, например, убитого морозом при зеленом удобрении, та же участь быстрого разложения постигает его остатки при весенней обработке почвы.

В таких же условиях находится навоз. Обработка, при помощи которой он вносится в почву, ставит его в условия аэробного разложения, и оно происходит очень быстро. Из навоза, внесенного в почву в конце июня, к моменту посева озими в половине августа, т. е. через полтора месяца, разлагается 80—

85% навоза, и если не успевают разложиться все 100%, то только вследствие несовершенства его распределения.

Кроме сказанного, при разложении пожнивных остатков однолетних растений и при разложении в почве навоза образуются в таком преобладании соли одновалентных катионов, что происходит усиленное вытеснение поглощенного кальция, и частью еще сохранившийся в почве перегной утрачивает свою способность не расплываться в воде, и почва в еще большей степени утрачивает прочность.

Нам до сих пор известен только один способ накопления мертвого органического вещества в полевой почве. Основание способа лежит в биологической особенности природной группы высших растений, носящей название луговой растительной формации. Эти растения все травянистые и, в отличие от другой группы, состоящей преимущественно из однолетних растений, часто называются многолетними травянистыми, хотя, по существу, они представляют растения однолетние, размножающиеся не только семенами, но и подземными или надземными зимующими побегами или почками. У растений этой группы все побеги, плодоносившие в данном году, в том же году отмирают со всей своей корневой системой, и на следующий год развиваются и плодоносят новые побеги, начавшие свое развитие в форме укороченных побегов еще в год отмирания побегов предыдущего поколения. Новые побеги образуют новую корневую систему. Наиболее характерным примером таких растений являются так называемые многолетние злаки. Группой растений, переходных между представителями луговой растительной формации и настоящими многолетними растениями деревянистой растительной формации, являются травянистые полумноголетние растения, которые обладают многолетней корневой системой и однолетними надземными органами; примером таких растений служат так называемые многолетние бобовые.

Плодоносившие побеги многолетних злаков отмирают со

всей их корневой системой лишь при наступлении устойчивых морозов. Таким образом их подземные остатки с осени не подвергаются разложению. Весной следующего года отмершие осенью части растения оказываются в почве, находящейся в состоянии первого максимума влажности, а следовательно, и первого минимума аэрации, или, другими словами, в обстановке абсолютного анаэробиозиса, т. е. будут подвергаться лишь медленному разложению с выделением ульминовой кислоты. Так как при анаэробном процессе в среду не выделяется свободного аммиака и ульминовая кислота не усредняется, то скоро накопление ее погашает деятельность анаэробов. При дальнейшем весеннем просыхании почвы проникающий в почву на место испаряющейся воды воздух не может внести условий аэробиозиса, так как в *непаханной* почве кислород проникающего воздуха весь поглощается органическими остатками поверхности почвы, разлагающимися аэробным путем, и в массе почвы сохраняются установившиеся условия анаэробиозиса, при которых мертвое органическое вещество сохраняется. Осенью прибавляется новое количество мертвых остатков, и условия анаэробиозиса еще более сгущаются. Поэтому процесс накопления органического вещества совершается в порядке прогрессивности. Накопляющаяся в почве растворимая ульминовая кислота промачивает комки, на которые почва разбивается многочисленными мочковатыми корнями злаков, и при замерзании почвы зимой ульминовая кислота под влиянием замерзания ее раствора переходит в нерастворимую модификацию — ульмин, который и склеивает механические элементы почвы в прочные комки.

Травопольная система земледелия во всех формах своего практического применения в своей основе пользуется описанным существенным свойством растений луговой формации.

Ввиду критической важности сохранения прочности структуры почв Биробиджанского района — при построении севооборотов должно быть принято за основное правило исходить

из полевого посева многолетних трав, занимающих поле не менее двух лет подряд. Я не могу дать твердого указания на максимальную продолжительность травяного поля, так как в литературе нет твердых указаний на то, каким образом обычные европейские культурные многолетние травы будут реагировать на климатические условия района. Вследствие этого Бирскому опытному полю должно быть предложено немедленно приступить к постановке опытов сортоиспытания основных видов полевых многолетних злаков различного происхождения, по возможности, из северных областей Союза, а не европейского или американского происхождения. Должны быть исследованы следующие ботанические виды: луговая тимофеевка (расы для полевого травосеяния), луговая овсяница (расы для полевого травосеяния), житняк гребенчатый (расы для полевого травосеяния), ежа сборная (расы для полевого травосеяния) и американский пырей (агропирум тенерум Вассей). Местные луговые многолетние злаки вряд ли могут обещать быстрые и благоприятные результаты.

Не менее важной представляется немедленная организация изучения в том же направлении и многолетних бобовых для полевого травосеяния. Их роль в травяном поле очень важна. Не говоря о значении бобовых для повышения продукции травяного поля, они снабжают перегной, накопляемый многолетними злаками, поглощенным кальцием. Без участия бобовых в травяном поле нельзя накопить перегноя требуемого качества — неспособного образовывать в воде коллоидального раствора. Без участия в травяном поле многолетних злаков нельзя накопить в почве перегноя. По отношению к многолетним бобовым должно быть произведено такое же сортоиспытание главных видов бобовых — красного клевера (северная раса), шведского клевера (рас полевого травосеяния), желтой (не голубой) люцерны и гибридной люцерны.

Детали полевого травопольного севооборота настолько просты и так подробно разработаны в литературе, что останавли-

ваться на них было бы излишне. Почти не подлежит сомнению, что вопросы производительного животноводства будут играть выдающуюся роль в организации хозяйства в Биробиджанском районе, а следовательно, возникнет и неизбежный вопрос об организации искусственной кормовой базы для обеспечения животноводства зеленым сухим и свежим кормом и для обеспечения его сочными кормами. И в неразрывной связи с этими вопросами стоит вопрос об организации огородного фонда.

Эти организационные вопросы требуют предварительной разработки технической схемы эксплоатации природной кормовой площади и обращения ее в искусственную кормовую площадь. Предпосылки такого заключения ясны. С одной стороны, очевидно, что нельзя остановиться на современных природных лугах, как заливных, так и суходолах, и на болотах, как на кормовой базе, так как они дают грубое, почти несъедобное вейниковое сено чрезвычайно низкого кормового достоинства. С другой стороны, не менее очевидно, что нельзя, не впадая в грубую экономическую ошибку, разрешить кормовую проблему путем культуры кормовой массы на полях при наличности обширной площади кормовых угодий.

Однако разработка технической схемы организации луговой площади встречает пока еще непреодолимое препятствие в недостатке, или может быть, в моем незнакомстве с рядом предпосылок. Прежде всего нет, повидимому, никаких сколько-нибудь надежных данных об отношении культурных луговых трав к особенностям местных климатических условий. Поэтому следует настаивать на вменении в срочную ударную задачу всем опытным учреждениям Дальнего Востока немедленно организовать в условиях луговых угодий испытание уже изученных в условиях Европейской части Союза луговых злаков — лисохвоста лугового и русского, овсяницы луговой и красной, белой полевицы, райграса английского (можайского и из Астраханской области) и французского, костра безостого, водяного пырея, луговой тимофеевки, сборной ежи, желтеющего овса,

и изучении казахстанских лугового ползучего пырея, среднего пырея, лугового костра, луговых разновидностей житняка гребенчатого и сибирского, гладкого и пустынного овса. Не менее важна также организация испытания луговых бобовых — шведского и белого клеверов и изучение желтой луговой люцерны, как среднерусской, так и казахстанской, вологодских луговых рас красного клевера, закавказского земляничного клевера, сибирского пятилистного клевера и большого разнообразия дальневосточных многолетних вик. Мне эта задача представляется более благодарной и более отвечающей современному состоянию агрономической науки, чем изучение уже исчезнувших в Западной Европе паров или изучение суданской травы, японской чудо-травы, гаоляна, чумизы, индийского риса и прочих реликтов первобытного варварства человечества.

До тех пор, пока не установлена хотя бы в самых общих чертах грубая перспектива технических возможностей в области луговодства, всякая попытка установления основ лугового и огородного севооборота будет лишена всякого основания. Придется на первый период, около пяти лет, ограничиться лишь мерами так называемого «поверхностного» улучшения лугов, не закрывая глаз на их ничтожную техническую эффективность, на их экономическую нерентабельность и на полное отсутствие их экономической и технической увязки как с общей системой хозяйства, так и с ее технической основой— системой земледелия. Ясно только одно, что, повидимому, придется приложить все старания к тому, чтобы, по возможности, ввести в жесткие рамки применение первобытного приема выжигания лугов и положить самым решительным образом предел хулиганству с огнем. Я не думаю, чтобы можно было сразу прекратить применение палов, как средства ухода за лугами, так как пока еще не представляется возможности противопоставить ему технический прием равной экономической эффективности, но его следует упорядочить хотя бы применением приема «встречного огня».

В еще большей беспомощности находимся мы в вопросе об организации хозяйства на обширных площадях поймы рек Биробиджанского района. Представляется совершенно невозможным предпринимать какие бы то ни было меры упорядочения лугопользования на логах поймы, по которым летом устанавливается стремительный ток воды. Между тем своеобразие почв грив поймы технически требует установления и на них травопольного полевого севооборота, а достижение высшей производительности труда требует установления и лугового севооборота. В условиях режима рек Биробиджанского района обращение в культурное состояние поймы с ее гривами и логами достижимо лишь в условиях польдерного хозяйства. Если судить по глазомерной оценке рельефа прибрежной поймы, то имеются все гидротехнические предпосылки к возможности быстрого и недорогого обвалования пойм Биры, Биджана и, повидимому, также Амура. Мне совершенно неизвестны результаты гидротехнического обследования, но, во всяком случае, хотя бы общая, в грубо приближенных чертах, наметка гидротехнических возможностей крайне необходима для составления общего перспективного плана сельскохозяйственной эксплоатации района.

Неоднократно подчеркиваемая особенность почв Биробиджанского района заставляет обратить самое серьезное внимание на систему обработки местных почв. Если даже пренебречь теми преимуществами, которые дает система культурной обработки почвы против других систем полным упразднением необходимости применения устаревших приемов дискования и многократного боронования, моментов технически отрицательных и экономически нерентабельных, — то утрата структуры тяжелых глинистых почв очень скоро снизит колонизационную емкость района до катастрофических размеров, вызываемых неизбежностью перехода к первобытной залежной системе земледелия. Поэтому я в самой категорической форме настаиваю на том, что единственной допустимой системой обра-

ботки минеральных почв Биробиджанского района является система культурной обработки крутым рухадловым отвалом с предплужником, с полным упразднением дискования и с последующим применением только деревянной волокуши и применением бороны, только как орудия ухода за растением, и катка, исключительно как орудия ухода за лугами. Применение винтовых и полувинтовых и отвалов американского типа с дисковыми кольтерами, скиммерами или джойнтерами и другими суррогатами предплужника, безусловно, избегать.

СПИСОК РАСТЕНИЙ,
собранных Биробиджанской почвенной экспедицией в 1927 г.

1. Woodsia ilvensis R. Br.
2. Dryopteris thelypteris Asa Gray.
3. » wladiwostokensis B. Fedtsch.
4. Athyrium acrostichoides Diels.
5. » spinulosum Milde.
6. Cheilanthes argentea Kunze.
7. Adiantum pedatum L.
8. Pteridium aquilinum Kuhn. var. caudatum Hook.
9. Polypodium vulgare L.
10. Osmunda cinnamomea L.
11. Botrychium lanceolatum Angstr.
12. Equisetum silvaticum L.
13. » pratense Ehrh.
14. » arvense L.
15. » limosum L.
16. Selaginella sanguinolenta Spring.
17. Pinus koraiensis S. et Z.
18. Larix dahurica Turcz.
19. Abies nephrolepis Max.
20. Alisma plantago — aquatica L.
21. Sagittaria trifolia L.

22. Miscanthus sacchariflorus Hackel.
23. » purpurascens Andr.
24. Rottboellia compressa L. fil.
25. Arundinella anomala Steud.
26. Andropogon sorghum Brot. v. japonicum Hack.
27. » » » » halepensis Hack.
28. Eriochloa villosa Knth.
29. Panicum miliaceum L.
30. » frumentaceum Fr. et Sav.
31. » crus galli L. v. longisetum Döll.
32. » » » » » muticum Döll.
33. » » » » » brevisitum Döll.
34. Digitaria linearis Krock.
35. Setaria glauca P. B.
36. » viridis » »
37. » » » » v. purpurescens, Opiz.
38. Setaria italica P. B.
39. Oryza sativa L.
40. Hierochloë odorata Whlbrg.
41. Stipa sibirica Lam.
42. Phleum pratense L.
43. Agrostis canina L.
44. » Trinii Turcz.
45. Calamagrostis brachytricha Steud.
46. » arundinacea Roth.
47. » Langsdorffii Trin.
48. » sachalinensis Fr. Schmidt.
49. » angustifolia Kom.
50. » epigeios Roth.
51. » obtusata Trin.
52. » neglecta P. B.
53. Trisetum sibiricum Rosch.
54. Avena sativa L.
55. Beckmania eruciformis Host.

56. Phragmites communis Trin.
57. Eragrostis pilosa P. B.
58. Koeleria gracilis Pers. v. foliosa Domin.
59. Melica nutans L.
60. Poa nemoralis L.
61. » attenuata Trin.
62. » sphondylodes Bge.
63. » pratensis L.
64. Glyceria remota Fries.
65. Festuca rubra L.
66. » ovina L.
67. Bromus inermis Leyss.
68. » sibiricus Drob.
69. Agropyrum pseudo-agropyrum Franchet.
70. » repens R. B.
71. » tenerum Vassey.
72. Triticum vulgare L.
73. Secale cereale L.
74. Hordeum hexastichum L.
75. Elymus sibiricus L.
76. Cyperus setiformis Korsh.
77. » serotinus Rottb.
78. Eriophorum manshuricum Meinsch.
79. » brachyantherum Trautv.
80. » japonicum Max.
81. » gracile Koch.
82. » angustifolium Roth.
83. Scirpus erectus Poir.
84. Heleocharis acicularis R. Br.
85. » ovata R. Br.
86. Carex gynocrates Wormsk.
87. » obtusata Liljebl.
88. » cyperoides L.
89. » intermedia Good.

90. Carex pseudocuraica Fr. Schmidt.
91. » diandra Schrank.
92. » rigida v. concolor Kükenthal.
93. » wiluica Meinsh.
94. » forficula Fr. et Sav.
95. » Schmidtii Meinsh.
96. » caespitosa L.
97. » Lyngbyei Hornem.
98. » Meyeriana Kunth.
99. » Korshinskii Kom.
100. » limosa L.
101. » sparsiflora Steud.
102. » Arnelli Christ.
103. Commelina communis L.
104. Juncus brachyspathus Max.
105. » nipponensis Fr. Buchenan.
106. Luzula rufescens Fischer.
107. Acelidanthus anticleoides Fr. A. Mey.
108. Veratrum album L. v. viride Ait.
109. Hemerocallis flava L.
110. » Middendorffii Tr. et Mey.
111. » minor L.
112. Allium victorialis L.
113. » odorum L.
114. » senescens L., flore albo.
115. » tenuissimum L. v. anisepodium Rgl.
116. » Maximoviczii Rgl.
117. » sacculiferum Max.
118. » Ledeburianum Schult.
119. Lilium dahuricum Gawl.
120. » concolor Salisb.
121. Majanthemum kamtschaticum Kom.
122. Polygonatum officinale All.
123. Convallaria majalis L. v. Manchurica Kom.

124. Paris hexaphylla Cham.
125. Iris uniflora Pall.
126. » Kaempferi Sieb.
127. » sibirica L. v. orientalis Thunb.
128. » laevigata Fisch.
129. » dichotoma Pall.
130. Cypripedium guttatum Sw.
131. » ventricosum Sw.
132. Gymnadenia conopsea R. Br. v. ussuriensis Rgl.
133. Platanthera tipuloides Lindl.
134. » hologlottis Max.
135. Habenaria linearifolia Max.
136. Spiranthes australis L. C. Rich.
137. Juglans manshurica Wax.
138. Populus tremula L.
139. » suaveolens Fisch.
140. » Maximoviczii Sarg.
141. Salix caprea L. v. vilosa Seem.
142. » depressa L. v. cinerascens Anders.
143. » Thunbergiana Blume.
144. » brachypoda Trautv.
145. » viminalis L.
146. » repens L.
147. » koreensis Andrs.
148. » triandra L. v. japonica Seem.
149. » Maximoviczii Kom.
150. » rorida Laksch.
151. » myrtilloides L.
152. » sachalinensis Fr. Schmidt.
153. » amnicola E. Wolf.
154. Alnus hirsuta Turcz.
155. » » » v. glabrescens Call.
156. Betula ovalifolia Rupr.
157. » manshurica Nakai.

158. Betula japonica H. Wincler.
159. » dahurica Pall.
160. Corylus heterophylla Fisch.
161. » manshurica Max.
162. Quercus mongolica Fisch.
163. Ulmus japonica Sarg. v. saxatilis Kom.
164. » macrocarpa Hance.
165. Morus alba L.
166. Thesium chinense Turcz.
167. Viscum album L. subsp. coloratum Kom. var. lutescens Mak.
168. Rumex acetosa L.
169. Polygonum convolvulus L.
170. » viviparum L.
171. » alopecuroides Turcz.
172. » manshuriense V. Petrov.
173. » ussuriense V. Petrov.
174. » divaricatum L.
175. » orientale L.
176. » posumbu Ham.
177. » foliosum Lindb.
178. » amphibium L. v. amurense Korsh. f. terrestre Leers.
179. » lapathifolium L.
180. » perfoliatum Hassk.
181. » sagittatum L. v. ussuriense Rgl.
182. » » » » paludosum Kom.
183. Fagopyrum tataricum Gaertn.
184. Chenopodium album L.
185. Stellaria radians L.
186. » longifolia Mühlnb.
187. Portulaca oleracea L. v. silvestris DC.
188. Cerastium pilosum Ldb.
189. Agrostemma githago L.

190. Silene vulgaris Garcke.
191. » aprica Turcz.
192. » repens Patr.
193. Lychnis fulgens Fisch.
194. Gypsophila pacifica Kom.
195. Dianthus chinensis L.
196. Schizandra chinensis Baill.
197. Paeonia albiflora Pall.
198. Caltha natans Ball.
199. Trollius patulus Salisb. v. sibiricus Huth.
200. Actaea acuminata Wallich.
201. Cimicifuga dahurica Max.
202. » heracleifolia Kom.
203. Aquilegia parviflora Ldb.
204. » oxysepala Tr. et Mey.
205. Delphynium grandiflorum L.
206. Clematis angustifolia Jacq.
207. » fusca Turcz. v. violacea Max.
208. » » » » manshurica Rgl.
209. » manshurica Rupr.
210. » Wilfordi Kom.
211. Ranunculus amurensis Kom.
212. » chinensis Bge.
213. Thalictrum filamentosum Max.
214. » sparsiflorum Turcz.
215. » simlex L. v. amurense Max.
216. Berberis amurensis Max.
217. Menispermum dahuricum DC.
218. Brassica chinensis L.
219. Dontostemon dentatus Ldb.
220. Sedum Aizoon L.
221. Astilbe chinensis Fr. et Sav.
222. Philadelphus Schrenkii Rupr.
223. Deutzia parviflora Bge.

224. Ribes ussuriensis Jancz.
225. » manshuricum Kom.
226. Spirea salicifolia L.
227. » betulifolia Pall.
228. Aruncus silvestris Kostel.
229. Sorbaria sorbifolia A. Br.
230. Pirus ussuriensis Max.
231. Fragaria orientalis Los.
232. Potentilla multifida L.
233. » fragarioides L.
234. » Freyniana Wolf.
235. Comarum palustre L.
236. Geum aleppicum Jack.
237. Agrimonia pilosa Ldb. v. viscidula Bge.
238. Filipendula palmata Max. v. tomentosa Ldb.
239. Sanguisorba canadensis L.
240. » tenuifolia Fisch. v. parviflora Max.
241. » officinalis L.
242. » media Rgl.
243. Rosa pimpinellifolia L.
244. » acicularis Lindl.
245. » dahurica Pall.
246. Prunus triflora Roxb. v. koreana Kom.
247. Cerasus japonica Thunb.
248. » Maximoviczii Rupr.
249. Sophora flavescens Ait.
250. Maackia amurensis Rupr. et Max.
251. Trifolium lupinaster L.
252. Caragana fruticosa Besser.
253. Gueldenstaetia pauciflora Fischer.
254. Astragalus chinensis L. fil.
255. Lespedeza bicolor Turcz.
256. Vicia cracca L.
257. » ussuriensis Oett.

258. Vicia japonica Asa Gray.
259. » pseudo-orobus F. et Mey.
260. » amoena Fischer.
261. » multicaulis Ldb.
262. » unijuga Al. Br.
263. » venosa Max. v. baicalensis Turcz.
264. Lathyrus subrotundus Max.
265. » alatus Max.
266. » palustris L. v. pilosus Ldb.
267. » quinquenervius Litv.
268. » humilis Fischer.
269. Falcata japonica Oliver.
270. Glycine hispida Max.
271. Phaseolus nanus L.
272. Geranium sibiricum L.
273. » dahuricum DC.
274. » Wlasovianum Fischer.
275. » Maximoviczii Rgl.
276. Linum usitatissimum L.
277. Phellodendron amurense Rupr.
278. Dictamnus dasycarpus Turcz.
279. Polygala tenuifolia Willd.
280. » sibirica L.
281. Euphorbia esula L.
282. » lucorum Rupr.
283. Evonymus pauciflora Max.
284. Acer Ginnala Max.
285. » tegmentosum Max.
286. » mono Max.
287. Rhamnus dahuricus Pall.
288. » parvifolius Bge.
289. Vitis amurensis Rupr.
290. Tilia amurensis Kom.
291. » manshurica Rupr. et Max.

292. Abutilon abutilon Rusby.
293. Malva pulchella Bernh.
294. Hypericum ascyron L.
295. Viola Patrini DC.
296. Lythrum salicaria L. v. vulgaria DC.
297. Chamaenerium angustifolium Scop.
298. Acanthopanax sessiliflorum Seem.
299. Aralia manshurica Rupr. et Max.
300. Anthriscus silvestris Hoffm.
301. Bupleurum longiradiatum Turcz.
302. » breviradiatum Rgl.
303. » scorzonaerifolia W.
304. » falcatum L.
305. Cicuta virosa L. v. tenuifolia Koch.
306. Sium cicutaefolium Gmel.
307. Libanotis seseloides Turcz.
308. Angelica anomala Lallem.
309. Ledum palustre L.
310. Rhododendron parvifolium Adans.
311. Chamaedaphne calyculata Moench.
312. Andromeda poliifolia L.
313. Vaccinium uliginosum L.
314. Oxycoccos palustris Pers.
315. » microcarpa Turcz.
316. Lysimachia dahurica Ldb.
317. » barystachys Bge.
318. Naumburgia thyrsyflora Duby.
319. Fraxinus rynchophylla Hance.
320. Gentiana scarba Bge.
321. Menyanthes trifoliata L.
322. Pycnostelma chinensis Bge.
323. Cynanchum volubile Hemsley.
324. » amplexicaule Hemsley.
325. Calystegia dahurica Choisy.

326. Cuscuta epilinum Weihe.
327. Polemonium coeruleum L. v. villosum Brand.
328. Amethystea coerulea L.
329. Scutellaria indica L.
330. » angustifolia Kom.
331. » scordifolia Fisch.
332. Meehania urticifolia Kom.
333. Dracocephalum argunense Fisch.
334. Galeopsis tetrahit L.
335. Leonurus sibiricus L.
336. Stachys chinensis Bge.
337. » baicalensis Fischer.
338. Calamintha chinensis Benth.
339. Lycopus Maackianus Kom.
340. » lucidus Turcz.
341. Perilla ocymoides L.
342. Chamaesaracha japonica Fr. Sav.
343. Solanum nigrum L.
344. Nicotiana tabacum L.
345. Linaria japonica Miq.
346. Veronica sibirica L.
347. » tubiflora Turcz.
348. » longifolia L.
349. » linariifolia Pall.
350. Castilleja pallida Kunth.
351. Melampyrum roseum Max.
352. Phteirospermum chinense Bge.
353. Euphrasia Maximoviczii Wettst.
354. Pedicularis spicata Pall.
355. » sceptrum carolinum L.
356. » . resupinata L.
357. » striata Pall.
358. Siphonostegia chinensis Benth.
359. Orobanche coerulescens Steph.

360. Orobanche amurensis G. Beck.
361. Plantago major L.
362. » » » v. dahurica Turcz.
363. Rubia cordifolia L. v. silvatica Max.
364. Galium boreale L.
365. » verum L.
366. » dahuricum Turcz.
367. » trifidum L.
368. Sambucus racemosa L.
369. Viburnum Sargenti Koehne. f. glabra Rehd.
370. Patrinia rupestris Juss.
371. » scabiosaefolia Link.
372. Valeriana officinalis L. v. incisa Rupr.
373. Scabiosa Fischeri DC.
374. Cucumis sativus L.
375. Campanula punctata Lam.
376. » glomerata L.
377. » » » v. aggregata Willd.
378. Adenophora latifolia Fisch.
379. » verticillata Fisch. v. angustifolia Korsch.
380. » » » » princeps Korsch.
381. » » » » glabra Korsch.
382. Codonopsis ussuriensis Hemsley.
383. Platycodon grandiflorus A. DC.
384. Lobelia sessilifolia Lamb.
385. Eupatorium Kirilovi. Turcz.
386. Solidago virga aurea L.
387. Aster scaber Thunb.
388. » tataricus L. fil.
389. » incisus Fisch.
390. » Lautureanus Franchet.
391. » fastigiatus F. et M.
392. » holophyllus Hemsley.
393. Inula salicina L.

394. Inula linariifolia Turcz.
395. Bidens tripartita L. v. Maximovicziana Oett.
396. » Maximovicziana Oett.
397. Achillea sibirica Ldb.
398. » ptarmica L.
399. Chrysanthemum coronarium L.
400. Tanacetum sibiricum L.
401. Artemisia campestris L.
402. » manshurica Kom.
403. » leucophylla Turcz.
404. » vulgaris L. v. selengensis Turcz.
405. » » » » mongolica Besser.
406. » » » » vulgatissima Besser.
407. » vulgaris v. A. integrifolia
408. » laciniata Willd.
409. » sacrorum Ldb. v. minor Ldb.
410. » integrifolia L.
411. » stolonifera Max.
412. Petasites saxatilis Kom.
413. Cacalia hastata L.
414. » » » v. pubescens Ldb.
415. » farfaraefolia S. et Z.
416. Ligularia speciosa T. et Mey.
417. Atractylodes ovata Thunb. v. amurensis Freyn.
418. » » » » ternata Kom.
419. Saussurea japonica DC.
420. » ussuriensis Max. v. b. incisa Max.
421. » subtriangulata Kom.
422. Cirsium Maackii Max.
423. » schantarense T. et Mey.
424. Serratula coronata L.
425. Gerbera anandria Schultz Bip.
426. Hypochaeris grandiflora Ldb.
427. Scorzonera radiata Fisch.

428. Taraxacum lapponicum Kihlman,
429. Muldegium sibiricum Less.
430. Sonchus arvensis L.
431. » oleraceus L.
432. Lactuca versicolor Schult Bip.
433. » denticulata Max.
434. Crepis tectorum L.
435. Hieracuim umbellatum L.

ПОЧВЫ ЛЮБЛИНСКИХ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ [10]

I. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ПРОЦЕССЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ ПОЧВОЙ ВООБЩЕ

Для того чтобы составить себе ясное представление о степени пригодности почв люблинских полей орошения для целей обезвреживания городской сточной жидкости, полезно предпослать очерку этих почв несколько общих замечаний о процессе обезвреживания сточной жидкости почвой вообще.

Сточная жидкость представляет смесь растворенных в воде веществ с веществами, взмученными в той же жидкости.

Эти две группы веществ, растворенные и взмученные в воде, представляют по своему характеру довольно различные элементы.

Среди первых можно резко отличить вещества чисто минерального характера: минеральные соли — преимущественно поваренная соль—хлористый натрий, происходящий главным образом из пищи людей, и к нему в меньшем количестве примешиваются минеральные соли другого состава, попадающие в сточную жидкость с фабричными водами — или в виде солей, или же образующиеся путем усреднения кислот, спускаемых вместе с фабричными водами. Рядом с этими чисто минеральными веществами в состав растворенных в сточной жидкости веществ, как главная их часть, входят вещества органические — или продукты обмена веществ в организмах людей и животных, населяющих город, или остатки пищевых продуктов тех и

других, или же продукты отброса фабричных и заводских производств.

Наконец, взмученные в сточной воде вещества состоят также из двух главных групп: землистые — песчаные и глинистые вещества, преимущественно минерального состава, и вещества органические. Эти последние — или непосредственно попадают в сточную жидкость, как отбросы городской жизни и фабрично-заводской деятельности города, или же образуются в самой сточной жидкости путем взаимодействия различных растворенных в ней составных ее частей, например, от взаимодействия растворенного в сточной воде мыла с солями извести и магнезии как самой водопроводной воды, так и фабричных вод, или от взаимодействия растворенных в фабричных водах солей тяжелых металлов с содержащимися в хозяйственных водах белками и другими продуктами обмена веществ. Наконец, к числу постоянных составных элементов сточной жидкости нужно причислить взмученные в ней в изобилии тела тех микроорганизмов, которые, находя в ней благоприятнейшие условия жизни, развиваются в чрезвычайных количествах.

Вся эта разнородная масса, за исключением небольшого количества наиболее крупных нерастворимых отбросов, задерживаемых решеткой на насосной станции, и небольшого количества песка, оседающего в главном загородном канале, приносится этим последним на территорию полей орошения, и главной принципиальной задачей полей орошения является обезвреживание всех разнородных составных элементов сточной жидкости, обращение их в такие вещества, которые не могут служить субстратом для развития низших организмов, т. е. минерализовать органические составные элементы сточной жидкости.

Так как получающиеся при процессе обезвреживания органических составных элементов сточной жидкости минеральные соли являются существенными элементами жизни высших — зеленых растений, то в некоторых случаях является возможным совместить на одной и той же территории как обезвреживание

сточной жидкости, так и культуру сельскохозяйственных растений, что иногда дает возможность, путем извлечения доходов с площади полей орошения, понизить стоимость обезвреживания сточной жидкости; но, само собою понятно, что эта задача — культура растений на полях орошения — не может считаться главной, существенной и не должна заслонять собой принципиальной их цели.

К формулированной выше принципиальной задаче полей орошения необходимо сделать одно существенно важное добавление. Разрушение органических соединений, входящих в состав сточной жидкости — их минерализация, должно производиться в таких условиях, чтобы при этом, по возможности, сохранилась удовлетворительная санитарно-гигиеническая обстановка работы персонала полей орошения и не нарушались бы элементарные эстетические условия жизни в окрестностях.

Самый процесс минерализации органических веществ сточной жидкости выполним только при участии низших бесхлорофилльных микроорганизмов — бактерий и грибов. Участие в нем чисто химических процессов если и играет роль и имеет значение, то почти только в форме взаимодействия разнообразных продуктов первого — биологического процесса и главенствующая принципиальная роль остается за ним.

Биологический процесс разрушения — минерализации органического вещества сточной жидкости является, в свою очередь, самым сложным комплексом целых рядов проявления жизнедеятельности разнообразнейших организмов, в самых разнообразных сочетаниях, взаимно обусловливающих жизнедеятельность и процветание друг друга. Но при всей сложности этого процесса он может быть разбит на две принципиально различные группы проявлений жизнедеятельности участвующих в нем организмов.

Одна из этих групп черпает необходимую для своей жизнедеятельности энергию из процесса окисления органического вещества при помощи свободного кислорода атмосферного

воздуха,—это группа аэробных организмов, в которую входят аэробные бактерии, грибы и все высшие бесхлорофилльные организмы.

Другая группа черпает необходимую им для жизни энергию из процесса разрушения сложных органических веществ, расщепления их на более простые вещества, и для жизни организмов этой группы наличность свободного атмосферного кислорода не необходима,—это группа анаэробных организмов, и к ней принадлежит группа анаэробных бактерий.

Оба эти процесса в природе при разложении отжившего — мертвого органического вещества всегда сопутствуют друг другу, причем, в зависимости от ряда внешних условий, то один, то другой из этих двух процессов — аэробный или анаэробный — проявляются в преобладающем размере, или же они могут находиться в некотором подвижном равновесии. Очевидно, что условия, определяющие доступ к мертвому органическому веществу свободного кислорода воздуха, будут играть решающую роль в деле перевеса того или иного процесса при разложении этого органического вещества, и в природной обстановке этими условиями, определяющими доступ кислорода к органическому веществу, будут особенности притока воды к нему и форма распределения самого органического вещества.

Если вода совершенно пропитывает среду, в которой размещено органическое вещество, или же само органическое вещество насквозь пропитано водой, и притом пропитывающая вода не находится в состоянии быстрого движения, то она является антагонистом кислорода воздуха, и разложение во всей массе органического вещества будет происходить по типу анаэробного разложения, и только на поверхности соприкосновения вещества с воздухом возможно разложение аэробное.

Наоборот, если среда, вмещающая органическое вещество, или само вещество содержит такое количество воды, которое оставляет еще место для проникновения кислорода воздуха, то при разложении органического вещества не только на

поверхности, но и в самой среде, устанавливаются более или менее благоприятные условия аэробного разложения, интенсивность которого и распространение его в среде будут зависеть от характера распределения самого органического вещества. Если его содержится большое количество в наружных слоях среды, то самая наличность интенсивно идущих в периферии среды аэробных процессов обусловит необходимость анаэробного процесса в более глубоких слоях среды, так как кислород воздуха будет весь перехватываться идущим снаружи аэробным процессом. Очевидно, что характер самой среды в смысле легкости ее проветривания также будет играть важную роль в определении преобладания того или иного типа разложения органического вещества.

Характер распределения органического вещества будет также влиять на характер его разложения. Органическое вещество, расположенное тонким слоем по поверхности твердых элементов среды, будет разлагаться тем или иным путем только в зависимости от возможности проникновения в среду, его содержащую, кислорода, т. е. только в зависимости от свойств самой среды и интенсивности поверхностного процесса разложения.

В случае же скопления органического вещества толстыми массами, все равно — сплошными или прерванными, аэробное разложение его возможно на поверхности соприкосновения с воздухом; но уже в слое, непосредственно следующем за поверхностным, доступ кислорода будет исключен тем, что он весь будет поглощен аэробными процессами поверхностного слоя, и во всей остальной массе органического вещества будет итти анаэробное разложение.

В случае растворенного в воде органического вещества характер разложения будет зависеть от того, пропитывает ли раствор какую-либо рыхлую твердую среду или же он находится в виде слоя жидкости. В первом случае разложение будет всецело подчиняться условиям, разобранным выше. Во втором

случае характер разложения будет определяться характером движения жидкости и концентрацией раствора органического вещества. В стоячей жидкости разложение аэробное будет происходить лишь в поверхностных слоях, глубина которых будет определяться концентрацией раствора органического вещества. В случае же жидкости, находящейся в движении, характер разложения будет определяться не только концентрацией жидкости, но и быстротой движения ее.

Что касается особенностей, характеризующих оба типа разложения органического вещества, то с точки зрения применимости их для целей обезвреживания сточной жидкости важную роль играют отношения их ко времени, в которое происходит полная минерализация органического вещества, и некоторые свойства получающихся при этих процессах продуктов.

Особенно важным с практической точки зрения является то, что оба эти процесса, как аэробный, так и анаэробный, требуют, в отличие от процессов чисто химического характера, при всех прочих равных условиях, несравненно более продолжительного времени для производства своего конечного эффекта. Они являются функцией ряда биологических жизненных явлений, которые совершаются во времени. Этот момент является, как мы увидим далее, одним из кардинальных при оценке качеств почвы в смысле ее пригодности для обезвреживания сточных вод.

Но в том же количественном отношении ко времени лежит и главная практически важная разница между двумя типами разложения органического вещества — аэробным и анаэробным.

Первый протекает энергично, быстро и быстро сравнительно со вторым приводит к полной минерализации органического вещества; при его господстве невозможно накопление мертвого органического вещества. Второй, наоборот, течет вяло, минерализация органического вещества происходит медленно, процесс начинает скоро после своего возникновения ослабевать и в результате идет накопление органического мертвого вещества.

Причины этой коренной разницы еще не изучены во всех деталях, но сводятся, главным образом, к влиянию самой обстановки, в которой могут протекать оба эти процесса.

При условиях, в которых происходит аэробный процесс разложения органического вещества, мы встречаем такую обстановку, при которой все продукты жизнедеятельности аэробных организмов — продукты, которые по отношению к организмам, их выработавшим, являются всегда резко выраженными ядами — токсинами, так или иначе удаляются или обезвреживаются, причем всегда сохраняется благоприятная для жизнедеятельности аэробных организмов обстановка. Угольная кислота, получающаяся при разложении, уносится или током воздуха, необходимым для подачи кислорода, или, растворенная, уносится током воды, в отсутствие которого также невозможна аэробная жизнь в воде. Две минеральные кислоты — серная и фосфорная, которые являются результатом окисления серы и фосфора, входивших в состав органического вещества, усредняются выделяющимися при том же окислении органического вещества основаниями, входившими в его состав в виде калия, извести, магнезии и железа, и если б этих оснований нехватило для нейтрализации всего количества выделяющихся кислот, то на помощь приходит аммиак, являющийся одним из первых продуктов разложения азотистых составных веществ сточной жидкости. Если же образовался бы избыток вышеназванных оснований по сравнению с кислотами, то в наличности всегда имеется угольная кислота, которая с основаниями дает нейтральные соли. В свою очередь, аммиак, также вредный для жизнедеятельности организмов, быстро усредняется как, отчасти, вышеназванными кислотами, так, главным образом, выделяющейся при этом типе разложения органической кислотой — гуминовой, образуя нейтральную гуминово-аммиачную соль. Эта последняя соль служит, в свою очередь, материалом для развития новой группы бактерий, окисляющих ее аммиак в азотистую и азотную кислоту, и эти кислоты усредняются,

отнимая, в свою очередь, аммиак от неуспевших еще подвергнуться разложению частиц гуминово-аммиачной соли. В результате этого процесса, таким образом, получаются в среде, в которой протекает аэробный процесс, целый ряд нейтральных солей и свободная гуминовая кислота.

Гуминовая кислота при своем образовании жизнедеятельностью бактерий представляет вещество, довольно легко растворимое в воде, образуя раствор вишнево-красного цвета с ясно кислой реакцией, и легко образует с аммиаком растворимую в воде соль, окрашенную в красно-черный цвет. Но, выделяясь из своих солей при действии на них более сильных кислот, гуминовая кислота выпадает в форме черного, почти не растворимого в воде осадка, сообщающего воде, в которой он взмучивается, едва уловимую кислую реакцию. После же высушивания или замораживания получается черный осадок гуминовой кислоты, совершенно не растворимый в воде.

Не растворимая в воде гуминовая кислота, однако, довольно хорошо растворима в растворах нейтральных солей и в таких растворах легко и быстро окисляется аэробными бактериями до угольной кислоты, воды, аммиака и азотной кислоты. В конечном результате все органическое вещество быстро окисляется до конца, распадаясь на угольную кислоту, воду и ряд нейтральных солей, причем во все время этого процесса реакция среды, в которой он протекает, остается нейтральной.

В другой разности аэробного процесса, при разложении органического вещества грибами, которое в наиболее чистой форме в природе протекает при разложении остатков деревянистой растительности, разложение которых для бактерий совершенно недоступно вследствие того, что все части деревянистых растений пронизаны дубильными веществами, а иногда и смолами, гуминовой кислоты не образуется, а образуется чрезвычайно легко растворимая в воде кислота креновая, которая в силу своей легкой растворимости легко вымывается из области жизнедеятельности грибов в почву. Для успешности

этого процесса необходим ясно выраженный нисходящий ток воды. В случае его отсутствия креновая кислота не вымывается, и так как при этом разложении не образуется ничего такого, что могло бы нейтрализовать образующуюся кислоту, она накопляется во вредном для жизнедеятельности грибов избытке, и весь процесс разложения деревянистых органических остатков останавливается, давая начало образованию так называемого лесного торфа, а впоследствии и залежей каменного угля. В случае же отложения остатков деревянистых растений в условиях анаэробных — разложения их совсем не происходит.

При наличии ясно выраженного нисходящего тока воды в среде, в которой происходит разложение органического вещества грибами, этот процесс, так же, как процесс аэробный бактериальный, приводит к быстрой и полной минерализации органического вещества.

Условия, в которых может протекать анаэробный процесс разложения органического вещества, таковы, что конечные продукты распада органического вещества не удаляются с места своего образования, а напротив, растворяются в застойной воде, пропитывающей среду, в которой происходит этот процесс.

При этом процессе образуется, как продукт жизнедеятельности бактерий, ульминовая кислота — вещество бурого цвета, довольно легко растворимое в воде с ясно кислой реакцией, и, так как количество выделяющихся при том же процессе оснований недостаточно для усреднения образующейся кислоты, количество ее скоро нарастает до предела концентрации, вредной для жизнедеятельности анаэробных бактерий, и весь процесс замедляется в чрезвычайной мере. Под влиянием замерзания раствора ее зимой, ульминовая кислота переходит в нерастворимую в воде форму, и весной процесс анаэробного разложения вновь вспыхивает с прежней силой, чтобы опять быстро погаснуть.

В результате такого рода разложения органическое вещество

минерализуется крайне медленно, оно как бы консервируется при помощи образующейся ульминовой кислоты и накопляется на месте своего первоначального отложения.

Главным основанием, заставляющим рассматривать кислоты ульминовую, гуминовую и креновую как продукты жизнедеятельности — отбросы участвующих в разложении органического вещества организмов, является то, что эти вещества представляются в высшей степени сложными азотистыми органическими веществами, содержащими большее количество азота, чем все другие органические вещества (в особенности кислота креновая и упоминаемая далее — апокреновая), и в особенности тот факт, что они образуются и при разложении безазотистых веществ, например, углеводов под влиянием грибов и бактерий, при соответствующем снабжении этих организмов источником минеральной азотистой пищи.

Кроме этих основных черт, отличающих два типа разложения органического вещества, практически важны и некоторые особенности конечных продуктов разложения.

Летучие продукты аэробного разложения: угольная кислота, вода, углеаммиачная соль не обладают сколько-нибудь резко выраженными неприятными свойствами; из них только углеаммиачная соль, диссоциируясь на воздухе, дает аммиак, но обычно этот процесс выражен в ничтожном размере, проявляясь заметно лишь в некоторых случаях, например, при разложении конского навоза. Все эти продукты легко рассеиваются в атмосфере, не заражая атмосферы и не создавая неблагоприятной в санитарном отношении обстановки.

При анаэробных условиях разложения органического вещества, кроме продуктов непахучих или безвредных, как метан, водород и азот, всегда выделяются еще и продукты зловонные и ядовитые, и из них наиболее распространенными являются сероводород и скатол, оба очень зловонные газы, а сероводород, кроме того, и ядовит. Разносясь в окружающей атмосфере, эти газы не только создают антисанитарную обстановку

жизни в окрестностях, но и с точки зрения эстетической отравляют окрестности своим отвратительным запахом.

Сопоставляя все вышесказанное о двух основных типах разложения органического вещества, ясно, что целям полей орошения наиболее близко отвечает аэробный процесс разрушения органического вещества сточной жидкости, при котором это вещество быстро и полно переходит в безвредные минеральные соли и в такие же газы, причем не страдают со стороны эстетической и окрестности полей орошения. Таким образом, основной принципиальной задачей полей орошения будет поддержание в возможно чистом виде в почве, орошаемой сточной жидкостью, аэробного процесса разложения органического вещества.

Совершенно очевидно, что основным принципом распределения сточной жидкости по поверхности полей орошения, с целью обезвреживания органических веществ сточной жидкости, будет периодичность напусков ее на отдельные участки, на которые поля орошения должны быть разделены. При несоблюдении этого принципа постоянный ток жидкости в почве создаст в последней условия анаэробиозиса, и органические вещества сточной жидкости будут в неразрушенном виде проходить до дренажной сети и загрязнять собою тот водоем, в который стекает дренажная вода полей орошения.

Также очевидно, что другим принципиально важным элементом устройства полей орошения должна быть правильно устроенная дренажная сеть, рассчитанная так, чтобы слой почвы, лежащий ниже поверхности действия дренажа, был совершенно изолирован от вышележащего горизонта почвы, в смысле невозможности проникновения грунтовой воды из верхнего горизонта в горизонт, лежащий ниже дренажной сети. Только в этом случае возможен правильный контроль за обезвреживающей деятельностью полей орошения, и очевидно, что только при этом условии можно быть уверенным в правильности действия такой важной в санитарном отношении организации, как поля орошения.

Сопоставляя вышесказанное, мы придем к заключению, что конкретной задачей эксплоатации полей орошения, как санитарно-гигиенического учреждения, будет поддержание в горизонте почвы, лежащем выше поверхности депрессии дренажа, аэробного процесса разложения органического вещества путем организации правильного чередования напусков сточной жидкости на поверхность отдельных участков полей орошения.

Из этого определения задачи полей орошения ясно вытекают два основных вопроса, а именно: какова же должна быть глубина залегания дренажной сети и каков должен быть период напусков, и разрешение их находится в зависимости от двух элементов — от качества сточной жидкости и от качества почвы полей орошения.

Из качеств жидкости первенствующее значение имеет ее концентрация; но так как для каждого отдельного учреждения, обслуживаемого полями орошения, будь то фабрика, больница, поселок или город, состав сточной жидкости изменяется с совершенно определенной правильностью по нескольким периодам — по часам в течение суток, по дням в течение недели и по месяцам в течение года, то к этой правильной периодичности изменения состава легко приспособиться, и в связи с нею должны только изменяться периодичность напусков и их длительность, т. е. количество напускаемой на единицу площади участка полей орошения жидкости, и применительно к изменению в каждом периоде концентрации и количества жидкости должна изменяться величина орошаемой поверхности. Другими словами, площадь полей орошения, обслуживающих каждое отдельное учреждение, должна быть настолько велика, чтобы давать возможность приспособлять величину и частоту напусков к периодическим колебаниям концентрации и количества притекающей жидкости, и эта задача в каждом отдельном случае может и должна иметь самостоятельное решение.

Таким образом, основные вопросы устройства полей орошения, как санитарно-гигиенического учреждения — глубина

и частота заложения дренажа и частота и величина напусков сточной жидкости на отдельные участки полей орошения — будут решаться в каждом отдельном случае только на основании качеств почвы и применительно к составу данной сточной жидкости.

С точки зрения использования почвы для санитарно-гигиенических задач полей орошения все огромное естественное разнообразие почвенных образований, стройно укладывающееся только в рамки естественнонаучной генетической классификации, может быть разделено на три основные группы, имеющие значение исключительно технической прикладной группировки.

Эти три группы охватят: первая — почвы с преобладанием органического вещества, вторая — почвы с преобладанием минерального вещества материнской породы, но обладающие способностью принимать комковатое строение — почвы структурные, и третья группа — почвы с почти исключительным преобладанием минерального вещества материнской породы, но не способные принимать комковатое строение — почвы бесструктурные.

В первую группу войдут все так называемые торфяные почвы в широком смысле этого слова. Подобные почвы являются как бы конечным продуктом того типа почвообразовательного процесса, который можно назвать дерновым процессом и который обычно сменяет другой тип тех же процессов — подзолообразовательный и сущность которого состоит в воздействии на материнскую породу, обычно измененную предварительно господствовавшим на ней процессом подзолообразовательным, многолетней и однолетней травянистой растительности.

Первые стадии этого процесса характеризуются сначала обогащением поверхностных горизонтов почвы веществами, необходимыми для питания растений, собираемыми самими травянистыми растениями, как из всей мощной толщи материнской породы, охватываемой корнями этих растений, так и из атмосферы, и ярко выраженным преобладанием аэробного

процесса разложения органических остатков, отлагаемых ежегодно этими растениями. Но к концу каждого вегетационного периода, под влиянием осеннего максимума выпадающих атмосферных осадков, процесс аэробный сменяется анаэробным, в результате которого органические остатки, отмирающие в почве, главным образом, в начале осеннего периода, не успевают разложиться, и всякий новый вегетационный период в такой почве начинается при наличии в ней некоторого запаса мертвого органического вещества. При условиях материнской породы среднего механического состава, не отличающейся крайне выраженной проницаемостью для воды и воздуха и при климатических условиях умеренной зоны, эти органические вещества, накопленные в предыдущем году, не успевают разложиться вполне к осени будущего года, когда к ним прибавляется новое количество отмершего органического вещества, и таким образом из года в год начинается прогрессивно увеличивающееся накопление в почве неразложившегося органического вещества.

Само отложение органического вещества в верхнем горизонте почвы является антагонистом аэробного процесса, и резко выраженная влагоемкость этого вещества еще сильнее способствует все более и более длительному преобладанию анаэробного процесса разложения, и как неизбежное следствие последнего прогрессивно возрастает накопление органического вещества и связанное с этим все большее преобладание процессов восстановительных над окислительными. Так как обычные растения — культурные и луговые, так называемые сладкие злаки и другие представители флоры незаболоченных мест, могут воспринимать минеральные вещества только из соединений чисто минеральных и притом находящихся в состоянии окисных соединений, то при наступивших условиях их питание становится все более затруднительным.

Ежегодно все новое и новое количество минеральных веществ материнской породы связывается в форме неразложившихся органо-минеральных соединений, и с каждым годом все

большее количество минеральных составных элементов материнской породы переводится в состояние восстановленных соединений, благодаря прогрессивно усиливающемуся анаэробиозису, действующему восстанавливающим образом на все те элементы материнской породы почвы, которые могут отдать входящий в состав их кислород.

Обычная луговая, ранее господствовавшая, флора принуждена уступить свое место другой флоре — кислым злакам, осокам, ситникам и др., имеющим специальные приспособления для добывания минеральной пищи из восстановленной среды — через специально развитую воздухоносную ткань они приводят кислород к своим корням, окисляют окружающую корни почву и таким образом добывают себе минеральную пищу.

Ввиду того, что возможность перехода некоторых веществ почвы в форму удобоусвояемую корнями растений трудно представить себе осуществимой без помощи бактериальных окислительных процессов, как, например, переход азота органических остатков почвы в азот азотнокислых солей, приходится допустить в рассматриваемой стадии развития дернового процесса особый случай симбиоза высших зеленых растений с аэробными бактериями, при котором высшие растения доставляют бактериям необходимый им свободный кислород и, в свою очередь, пользуются для своих нужд вырабатываемыми бактериями нитратами.

Но и господство этой лугово-болотной растительной формации должно прекратиться. По мере возрастающего преобладания анаэробного процесса количество мертвого органического вещества в почве растет все более и более; оно уже не в состоянии поместиться в материнской породе и начинает накопляться и поверх породы в форме слоев уже чистого органического вещества. Такая концентрация органического вещества влечет за собой уже безраздельное господство анаэробного процесса в почве. Благодаря огромной влагоемкости органических остатков, они задерживают воду всякого дождя в течение

долгого времени и высыхают с поверхности только в длительные бездождные промежутки, и только в это время в поверхностных слоях органической массы наступают просветы аэробного разложения, но все остальное время безраздельно господствует анаэробный процесс. Слои органических остатков все нарастают и дневная поверхность такого так называемого лугового болота все более повышается, постепенно удаляясь от поверхности минеральной материнской породы. Наконец, наступает момент, когда корни растительности лугового болота не могут достигать минеральной почвы, а остаются погруженными только в массу органического вещества, из которого они не могут добывать необходимой им минеральной пищи, и эта неприспособленная к новым условиям жизни флора должна уступить место другой флоре, могущей добывать себе минеральную пищу из органо-минеральных соединений; появляется новая растительная формация — полупаразитов, сапрофитов и мхов, добывающих необходимую им минеральную пищу из органических веществ торфяной почвы только благодаря их симбиозу с грибами — так называемой микоризой, развивающейся на их корнях и разлагающей органическое вещество почвы.

Болото окончательно завоевывает территорию, и, благодаря тонковолокнистости отлагаемого этими растениями органического вещества, его влагоемкость выражена настолько резко, что наступает уже беспросветное господство анаэробного процесса и беспрепятственное нарастание торфа — мохового болота.

Совершенно очевидно, что в какой бы стадии развития такой почвы — лугового или мохового болота — мы ее ни взяли, она в неосушенном виде совершенно непригодна для целей полей орошения. Но если даже осушить такую почву, прекратить на ней вспашкой развитие торфообразующих растений, то и в таком виде торфяная почва обладает свойствами, делающими ее мало пригодной для целей обезвреживания.

Осушенная и вспаханная торфяная почва представляет

в поверхностном слое рыхлую массу, под которой залегает слой неразрыхленного торфа; верхний рыхлый слой сам высыхает, но вместе с тем этот верхний слой совершенно прекращает испарение воды из нижнего слоя и последний сохраняет в себе полностью все то количество воды, которое он может удержать в силу своей волосности; это количество воды очень велико, и в таком состоянии влажности торф представляет вязкую массу, в которой движение воды совершается крайне медленно.

Эта масса влажного торфа при ее осушке была прорезана сетью дренажных канав, засыпанных вновь торфом после прокладки дренажа, и здесь опять сказывается особенность торфяной массы. При засыпке канавы, вырытой в минеральной почве, последняя, вновь возвращенная в канаву, совершенно сливается с остальной массой почвы в одну однородную среду. Торфяная же почва, вновь возвращенная в канаву, уже никогда не способна восстановить потерянную связь, и как бы старательно ни производилась утрамбовка такой упругой массы торфа, в ней всегда сохраняется масса промежутков, по которым вода быстро стекает в дренаж, и масса торфа в засыпанной дренажной канаве навсегда сохраняет резко бо́льшую проницаемость по сравнению с остальной массой торфа.

Кроме того, при осушке торфяной почвы нельзя обойтись и без открытых канав; торфяная почва по краям открытых канав высыхает на значительную глубину, и, благодаря способности торфа очень сильно сокращаться в объеме при высыхании, высохшая часть глубокими трещинами, параллельными канаве, отделяется от сырой еще массы торфяной толщи. Образовавшаяся глубокая зияющая трещина вызывает осушку нового слоя торфа и появление новой трещины, параллельной первой.

Таким образом, поверхность торфяного участка покрывается системой трещин, доходящих до дренажных труб.

При орошении такой осушенной торфяной почвы сточной жидкостью последняя быстро проникает через верхний рыхлый

вспаханный слой и собирается в нижней его части. Торф верхнего слоя в жидкости разбухает и образуется полужидкая масса торфа, пропитанного сточной жидкостью, и понятно, что в этой массе могут возникнуть только анаэробные процессы разложения.

Передвижение жидкости по нижнему влажному слою неразрыхленной торфяной массы совершается крайне медленно, и благодаря этому жидкость из верхнего слоя начинает быстро стекать по трещинам, параллельным канавам, и по некапиллярным промежуткам торфа засыпанных дренажных канав в дренажные трубы. Передвигаясь по среде, в которой господствуют анаэробные процессы, жидкость изменяется очень мало, и в таком неизмененном виде органические составные элементы жидкости продолжают разлагаться в водоотводных канавах и в том водоеме, куда отводятся дренажные воды, и так как это последующее разложение обычно совершается в более или менее толстом слое и в медленно текущей воде, то и здесь продолжается медленное анаэробное разложение, загрязняющее водоем продуктами распада органического вещества при анаэробных условиях.

Таким образом, ясно, что почвы первой группы — с преобладанием органического вещества — без глубоких коренных мероприятий не пригодны для целей обезвреживания сточной жидкости.

Крайнюю противоположность первой группе почв представляют почвы третьей группы — почвы с почти исключительным преобладанием минерального вещества материнской породы и неспособные принимать комковатое строение — почвы бесструктурные.

Свойства этих почв являются, главным образом, функцией преобладания минеральной материнской породы, представленной подавляющим преобладанием скелетных механических элементов — хряща, песка и пыли.

В этих элементах в подавляющем преобладании развиты

или проницаемость для воды — в первых двух, или волосность в смысле быстроты передачи воды в последнем.

В силу такого преобладания проницаемости — почвы, состоящие преимущественно из первых двух элементов, независимо от мощности их залегания, неспособны задерживать и накоплять сколько-нибудь значительного запаса воды; величина их максимального водного запаса равна только тому количеству воды, которое удерживается на поверхности их механических элементов в силу поверхностного прилипания, и ясно, что все не занятые водой промежутки их будут заполнены воздухом.

Вследствие очень малого содержания глинистых элементов связность их ничтожно мала и, следовательно, отсутствует одно из главных свойств почвы, обусловливающее способность ее образовать комки — раздробляться на связные отдельности.

Такие почвы в силу незначительной величины запаса воды и склонности его к резким колебаниям неспособны создать большого количества органического вещества — и урожайность их невелика при обычных условиях увлажнения.

После отмирания органическое вещество, накопленное такими почвами, сразу попадает в условия ярко выраженного аэробиозиса. В силу своей влагоемкости само органическое вещество задерживает в своей массе влагу и благодаря беспрепятственному доступу воздуха быстро и полно минерализуется и все полученные минеральные соли быстро выщелачиваются, за исключением того небольшого их количества, которое задерживается вследствие химического взаимодействия с минеральными элементами материнской породы, или в силу адсорбции. Поглотительная способность таких почв крайне мала, в противоположность почвам первой группы, где она достигает максимума своего возможного проявления.

В том случае, когда материнская порода почвы состоит не из грубых элементов — хряща и песка, а из пылеватых элементов, характер почвообразовательного процесса, развиваю-

щегося на такой почве, будет зависеть от того, насколько велика мощность пылеватого слоя над уровнем грунтовой воды.

Главным свойством пылеватых элементов является их волосность — все промежутки между ними обладают волосными свойствами — и в отличие от глинистых элементов проводят воду быстро во всех направлениях, причем высота поднятия воды такими почвами вверх достигает 1,5 аршина.

Ясно, что если мощность залегания такой почвы над уровнем грунтовой воды будет близка к этой величине или меньше ее, то органическое вещество, накопляющееся в верхних слоях такой почвы, будет находиться в беспрерывных условиях анаэробиозиса и на поверхности такой почвы очень быстро образуется торф. Но, когда почва такого механического состава залегает мощным слоем, весь характер почвообразовательного процесса меняется. Всякая капля воды, попадающая в такую почву, быстро рассасывается капиллярной массой почвы и устанавливается хотя медленный, но постоянный нисходящий ток воды, постоянно освобождающий поверхностные слои от избытка воды, и органические вещества в нем разлагаются все время в условиях и благоприятного увлажнения, и хотя и медленного, но постоянного притока воздуха; в результате органическое вещество сгорает, хотя и не так быстро, как в хрящевых и песчаных почвах, но так же полно, и все прирастающее за год количество органического вещества сгорает в течение того же промежутка времени — получается бесструктурная минеральная почва. По отношению к обезвреживанию сточной жидкости все разности этих почв, в силу господства в них аэробного процесса разложения, являются пригодными, но вследствие крайностей своих свойств требуют очень осторожного обращения, и хотя и по совершенно разным причинам, но принципы применения обеих групп этих почв для орошения будут одинаковы.

Главной особенностью грубозернистых бесструктурных почв, с которой приходится считаться при применении их для обезвреживания сточной жидкости, будет их высокая проницаемость.

Жидкость, приводимая на их поверхность, быстрым током устремляется вниз, и так как процесс обезвреживания, как процесс биологический, совершается во времени и требует для своего окончания известной периодичности и последовательности напусков, то может случиться, что жидкость, пройдя весь слой такой почвы с безраздельным господством аэробиозиса, не успеет все-таки вполне минерализовать свои органические составные элементы и в таком виде попадет в дренажную сеть или в глубокие слои той же почвы.

Первый случай, как влекущий за собой непосредственное загрязнение водоемов, очевидно нежелателен, второй случай несколько сложнее и неблагоприятные последствия его не так очевидны, но они, несомненно, тяжелее последствий первого случая. Проникая при быстром движении через грубозернистую бесструктурную почву в ее глубокие слои, сточная жидкость попадает в условия анаэробиозиса, ибо, несмотря на хорошую проницаемость такой почвы для воздуха, весь кислород его будет поглощаться в ее поверхностных слоях бурно идущими процессами аэробного разложения и на некоторой глубине установится горизонт господства анаэробиозиса. В этом горизонте минерализация органических веществ уже пойдет медленно, и вода будет обогащаться продуктами разложения сточной жидкости, в том числе сероводородом, и в таком виде эта отравленная и загрязненная вода попадет в ток грунтовой воды, отравляя на большом расстоянии от места загрязнения источники питьевой воды — колодези, ручьи и реки.

Проникновение сточной жидкости в необезвреженном состоянии в грунтовые воды при орошении грубозернистых бесструктурных почв не исключено даже в случае наличности дренажной сети. Вследствие быстрого проникновения воды в почву, дрены начинают работать полным сечением, и в это время сточная жидкость, под напором притекающей сверху воды, может проникать и в горизонт, лежащий ниже поверхности депрессии дренажной сети.

В силу всего вышесказанного, такие грубозернистые хрящевые и песчаные почвы могут служить для целей обезвреживания сточной жидкости только при условии заложения в них густой дренажной сети на расстоянии не более 5—7,5 сажен дрена от дрены и при средней глубине заложения их не менее одной сажени. Но и при этих условиях устройства полей орошения на таких почвах, правильная, с точки зрения санитарно-гигиенической, эксплоатация их осуществима только при условии невысоких напусков — слоем не более 0,02—0,03 сажени с обязательным перерывом между напусками в 2—3 дня.

Такой перерыв между напусками на таких почвах вынуждается тем обстоятельством, что, благодаря энергичному току жидкости в таких почвах, жидкость вносит в самую почву значительное количество нерастворимого взмученного вещества, которое в силу адсорбции механически отлагается на поверхности почвенных частиц, окрашивая почву до глубины 4—6 вершков. Этим механически внесенным органическим веществам нужно дать время разложиться, ибо, в противном случае, начнется их накопление и как результат его — господство анаэробного процесса в горизонте почвы, непосредственно следующем за горизонтом накопления органического вещества, которое будет использовать весь кислород проникающего воздуха для своего окисления. Этому органическому веществу необходимо дать возможность разложиться вскоре после его отложения в почве, ибо после того, как оно подвергнется действию зимнего мороза, оно переходит в очень трудно растворимую форму, лишь с большим трудом подвергающуюся разложению.

Что касается бесструктурных почв пылеватых, то в их применении к целям обезвреживания сточной жидкости также должны быть соблюдаемы некоторые предосторожности сообразно основным свойствам этих почв.

Жидкость, попадая на эти почвы, находящиеся в сухом состоянии, быстро рассасывается по капиллярным их промежуткам, но дальнейшее поступательное движение жидкости

вниз происходит очень медленно, запас кислорода воздуха в них быстро используется на окисление органического вещества сточной жидкости и новое его поступление в почву происходит медленно, вследствие медленного опускания в ней жидкости, которая движется в ней сплошной массой в силу сплошь волосных ее промежутков.

Поступание жидкости в дренаж происходит очень постепенно и опасность проникновения ее в горизонт ниже дренажа почти исключена.

Поэтому при устройстве полей орошения на таких почвах нет необходимости устройства частой дренажной сети и расстояние между дренами может быть определено в 15 сажен. Так как в таких почвах нисходящий ток жидкости не отличается порывистостью, а, напротив, происходит очень медленно, то это обстоятельство позволяет закладывать дренаж уже на глубину начиная с 2 аршин.

Что касается особенностей эксплоатации, то тот факт, что запас кислорода в такой почве вследствие ее волосности не может возобновляться в то время, как в ней находится жидкость, заставляет производить напуски сточной воды на нее небольшими порциями, слоем не более 0,03 сажени зараз, через промежутки времени не менее 5—7 дней, т. е. только тогда можно повторить напуск, когда есть полная уверенность, что вся жидкость предыдущего напуска достигла дренажной сети и на место вышедшей жидкости проник атмосферный воздух.

Способность этих почв к фильтрации в смысле задержания взмученных в воде частиц очень велика, поэтому самой почве приходится обезвреживать исключительно растворенные в воде органические вещества, что и происходит при соблюдении вышеуказанных условий очень совершенно; но зато взмученные в воде вещества скопляются на поверхности этих почв сплошным слоем, который при неспособности этих почв удерживать придаваемое им обработкой комковатое строение может в сильной степени влиять на ослабление их вентиляции, поглощая для своего

окисления кислород воздуха, и поэтому частое разрыхление поверхностного слоя почв является неизбежной мерой ухода за ними.

Последняя группа почв — структурные почвы или почвы с преобладанием минерального вещества материнской породы, но обладающие способностью принимать прочное комковатое строение, представляют собой промежуточные стадии развития дернового процесса на материнской породе, содержащей такое количество глинистых элементов, которое придает ей ясно выраженное свойство связности, т. е. способности сопротивляться в большей или меньшей степени механическим силам, стремящимся разъединить частицы этой почвы.

Под влиянием воздействия корневой системы растений, растущих на такой почве, вся масса ее разделяется на отдельные элементы — комки, в которых механические элементы почвы сближены, спрессованы давлением корней, развивающихся в почве и во время своего роста увеличивающихся в объеме. Под влиянием этого действия корней весь поверхностный горизонт материнской породы образует сплошной агломерат комков, которые и являются как бы теми элементами, из которых сложен верхний почвенный горизонт.

Это свойство таких почв, приобретаемое ими или естественным путем — воздействием корневой системы, или искусственным путем — обработкой почвы, и носящее название строения почвы или ее структуры, придает совершенно особенный характер всем процессам, протекающим в такой почве, и всем отношениям ее к наружным материальным факторам, приходящим с ней в соприкосновение, — к воздуху и к воде.

Очевидно, что подобная почва, если рассматривать как элементы составляющие ее комки, не будет отличаться по своим отношениям к воздуху и воде от почвы грубозернистой — хрящеватой или крупнопесчаной.

Совевшенно так же, как и в последней, вода будет быстро проникать в широкие некапиллярные промежутки между ком-

ками и совершенно так же воздух будет легко сменять воду, оставляющую промежутки между комками. Одним словом ясно. что в промежутках между комками будет господствовать, как и в почвах грубозернистых скелетных, аэробный процесс разложения органического вещества. Здесь будет итти интенсивный процесс минерализации органического вещества и освобождение минеральных составных веществ, входивших в состав органического вещества.

Но если мы рассмотрим отдельный составной элемент такой почвы — комок, то в нем мы найдем все условия, характерные для бесструктурной мелкозернистой почвы. Механические элементы, его составляющие, сближены — спрессованы между собою давлением корней и все промежутки между ними капиллярны и это их свойство — волосность еще более подчеркивается присутствием в них мельчайших глинистых элементов, без которых не может образоваться связного комка. Присутствие глинистых элементов выдвигает на видное место еще одно свойство — значительную влагоемкость комков.

Очевидно, что комки почвы будут жадно впитывать прикасающуюся к ним воду или другую смачивающую их жидкость и эта жидкость будет в силу волосных свойств комка занимать в них все промежутки, вытесняя весь воздух, и также очевидно, что внутри комка будут господствовать условия анаэробиозиса, условия сохранения органического вещества и медленного его разложения.

Образующаяся, в числе прочих веществ при разложении органического вещества в промежутках между комками, гуминово-аммиачная соль будет в виде раствора жадно впитываться волосной и влагоемкой массой комка и попадет здесь в сферу деятельности анаэробных бактерий, которые быстро разрушат аммиак гуминово-аммиачной соли и выделят из этой соли свободную гуминовую кислоту. Эта последняя, трудно растворимая в воде, свяжет как прочный клей механические элементы комка и придаст комку еще одно в высокой степени ценное

с практической точки зрения, свойство не расплываться в воде — способность противостоять размывающему действию воды — так называемую прочность строения.

Таким образом, в комковатой почве совмещаются в одном и том же объеме ее два диаметрально противоположных типа разложения органического вещества, что и делает эти структурные почвы наиболее ценными для целей культуры сельскохозяйственных растений, так как в отдельности господство одного аэробиозиса или одного анаэробиозиса в почве делает ее непригодной для целей выгодной сельскохозяйственной культуры и только совмещение обоих типов процессов разложения органического вещества, в известном гармоничном подвижном равновесии, делает такую почву пригодной для выгодной сельскохозяйственной культуры.

Аэробные процессы разложения органического вещества почвы, господствующие на поверхности комков, будут постепенно снабжать такую почву минерализованными удобоусвояемыми растениями, окисленными питательными веществами. Господство же анаэробного процесса внутри комков будет сохранять часть органического вещества от быстрой минерализации — это будут центры поглотительной способности такой комковатой почвы.

Свойство комка, как раздельнозернистого элемента структурной почвы, вносит глубокие изменения и в отношении водного режима такой почвы — режима, имеющего особенную важность при использовании почвы для санитарно-гигиенических целей полей орошения.

Когда вода дождевая или оросительная устремляется, повинуясь силе тяжести, вниз по некапиллярным промежуткам, отделяющим комки структурной почвы, она на своем пути омывает огромную сумму поверхностей комков, из которых каждый обладает в высокой степени сильно развитыми волосными свойствами, в силу чего каждый комок пропитывается насквозь водою. Вследствие этого явления, сначала быстрый по-

ступательный ток воды сразу теряет свою силу и превращается в медленно пробирающееся нисходящее движение воды. Простой подсчет показывает, что в волосных промежутках комков только четырехвершкового верхнего горизонта структурной почвы может поместиться 120 куб. сажен воды на поверхности одной десятины.

При процессе пропитывания комков сточной жидкостью все мельчайшие взмученные в воде органические вещества должны остаться и остаются на поверхности комков, как на поверхности фильтра, и там подвергаются энергичному аэробному окислению благодаря беспрепятственному доступу воздуха.

Как только оканчивается поступление воды к поверхности такой почвы, так тотчас начинается медленно идущий процесс опускания всей массы впитанной воды вниз в силу тяжести, которой все время приходится преодолевать другую силу — силу волосной влагоемкости комков.

Но в структурной почве есть еще причина, почему этот нисходящий ток совершается очень медленно. В почве бесструктурной ток жидкости опускается во всю ширину дневной поверхности почвы сплошной сомкнутой капиллярной сетью, здесь же в структурной почве отдельные комки соприкасаются друг с другом лишь небольшими поверхностями, и только через эти узкие ворота и может пройти вода из комка в комок, прокладывая свой длительный извилистый путь вниз.

Во время этого пути вода каждого комка последовательно скопляется в нижней его части, соприкасающейся с нижележащим комком, и здесь последовательно в каждом проходимом ею комке приходит в соприкосновение с окружающим комок воздухом и, следовательно, растворенные в ней органические вещества подвергаются аэробному разложению. Таков водный режим структурных комковатых почв и его последствия для целей обезвреживания сточной жидкости.

Из вышеизложенного с очевидностью вытекает, что в таких почвах в силу медленности движения в них воды совершенно

устранена опасность проникновения сточной жидкости ниже поверхности депрессии дренажа и что глубина заложения последнего почти не имеет значения для процесса обезвреживания и для гарантирования отсутствия опасности загрязнения грунтовой воды, и эта глубина определяется только общими соображениями, как при простой осушке почвы дренажем. Зато промежуток времени между напусками в силу той же медленности движения воды в таких почвах достигает в них своей максимальной продолжительности, и напуски не могут повторяться раньше чем через семидневный срок, в который верхний, четырехвершковый, слой вполне освобождается от пропитавшей его комки сточной воды. Количество же жидкости, могущей поместиться в волосных промежутках комков этого четырехвершкового слоя, служит руководящим моментом для определения величины напуска сточной жидкости. Это количество на поверхности десятины равно 120 кубическим саженям, или слою в 0,05 сажени.

При соблюдении этих условий, т. е. при повторении напусков сточной жидкости слоем в 0,05 сажени через каждые 7 дней, или один раз в неделю, обезвреживание сточной жидкости структурными почвами дает безукоризненные, в санитарно-гигиеническом отношении, результаты.

В случае же более частых напусков, когда волосные промежутки комков еще не успели освободиться от пропитывавшей их жидкости, движение жидкости в них останавливается, и начинается ее анаэробное разложение с его последствиями — образованием зловонных и ядовитых газов, и движение новых порций сточной воды происходит только по неволосным промежуткам между комками, минуя самые комки, движение стремительное, как в бесструктурных грубозернистых почвах, и так как по своей природе структурные почвы всегда содержат органическое вещество — антагонист кислорода, то и разложение в этом случае будет крайне медленное, анаэробное; другими словами, жидкость при своем быстром движении не будет успе-

вать обезвреживаться, а, наоборот, будет растворять ядовитые и зловонные газы, выделенные при анаэробном разложении органического вещества внутри комков, и в таком виде будет проникать в дренаж.

Комковатое строение структурных почв, причина их высоких качеств для целей обезвреживания сточной жидкости, подвергается, однако, при этом процессе большим испытаниям. Сточная вода сама по себе уже содержит значительное количество растворенной поваренной соли — хлористого натра и некоторых других солей, и, кроме того, при самом процессе минерализации органического вещества образуется значительное количество сернокислых, фосфорнокислых, азотнокислых и углекислых солей, которые и содержатся в обезвреженной жидкости, в форме слабых растворов. И как раз в слабых растворах этих солей, особенно фосфорнокислых, азотнокислых и углекислых, легко растворяется гуминовая кислота — основа прочности комковатого строения этих почв — и в растворенном виде легко подвергается аэробному разложению и выщелачиванию; почва постепенно утрачивает свое комковатое строение, заплывает, обращается в раздельнозернистую массу, сильно влагоемкую, благодаря присутствию в ней глинистых частиц, трудно проницаемую для воды и воздуха, и в ней постепенно все больше и больше завоевывает господство анаэробный процесс и неизбежные его последствия — заболачивание и непригодность для целей обезвреживания сточной жидкости.

В начале эксплоатации такой почвы с явлением потери почвой строения можно бороться путем механической обработки, но сама механическая обработка в самой себе, даже в наиболее совершенной своей форме — плужной вспашке, несет элементы, разрушающие механически строение почвы давлением и трением рабочих частей орудий обработки, и давлением колес и ног рабочих и упряжных животных. Поэтому, несмотря на возможное совершенство приемов обработки таких почв, приходится периодически прибегать к применению на них наиболее

совершенного приема восстановления прочности структурных почв — к травопольной системе земледелия.

Через определенные промежутки и в определенной последовательности такие почвы должны, по крайней мере, на двухлетний срок засеваться многолетними рыхлокустовыми злаками, которые, благодаря богатому развитию своей мощной, разветвленной корневой системы, восстановляют, воздействием на почву развивающихся и разлагающихся в ней отмерших корней, ее прочное комковатое строение.

После многолетней эксплоатации под полями орошения почв группы бесструктурных в них накопляется, как неизбежное следствие этой эксплоатации, значительное количество темноокрашенного органического вещества; это органическое вещество может играть до известной степени роль глины, обладая в некоторой мере ее основным свойством — связностью, и тогда путем своевременного и целесообразного применения на них травопольной системы можно и этим почвам постепенно придать свойство структурных почв — можно придать им комковатое строение, и тогда они приобретут все совершенные свойства структурных почв и их высокие качества в смысле достижения санитарно-гигиенических целей полей орошения.

Этому переведению почв из разряда бесструктурных в разряд структурных может в значительной степени помочь одна из самых неприятных составных частей сточной жидкости — взмученные в ней грубые органические остатки.

Эти вещества отлагаются во время напусков на поверхности почвы участков полей орошения и притом не равномерно, а скопляясь более толстыми слоями вблизи выпусков оросительных каналов.

В таком сконцентрированном состоянии органическое вещество разлагается аэробным путем только в поверхностном тонком слое, вся же внутренняя масса его разлагается чисто анаэробным путем со всеми его последствиями, и вместе с тем этот осадок своим разложением на поверхности почвы задерживает

приток воздуха к самой почве, в сильной степени ослабляя интенсивность аэробного процесса, в ней желательного.

Единственным способом обезвреживания этого осадка является возможно равномерное его распределение по поверхности почвы и последующее затем запахивание его на незначительную глубину, где доступ кислорода к нему будет не затруднен и где он, прикрытый тонким слоем почвы, будет обеспечен от высыхания.

Совершенно ясно, что главное внимание при этом приеме ухода за участками полей орошения должно быть обращено на возможно мелкое раздробление этого осадка и возможно тщательное его распределение в минеральной массе почвы, так как самым главным врагом аэробного разложения органического вещества является само аэробное его разложение, потребляющее необходимый для него кислород, и поэтому при скоплении органического вещества сколько-нибудь значительными массами только в самом поверхностном его слое будет итти аэробное разложение и оно же обусловит разложение всей остальной массы его путем анаэробным — ведущим к сохранению его в течение долгого времени.

II. ВНЕПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЮБЛИНСКИХ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Поля орошения первой очереди канализации города Москвы занимают площадь в 1174 десятины 1250 кв. сажен и расположены в Нагатинской волости, Московского уезда и губернии, занимая бывшие урочища Красный луг, Марьинский луг, Чагино болото, Гурьевское болото, часть земель Удельного ведомства и часть полевых надельных земель дер. Чагиной и села Перервы.

За исключением небольшой части своего пространства в северо-восточной его части, в пределах Гурьевского болота, бывших полевых надельных земель дер. Чагиной и села Перервы,

расположенных на ледниковых отложениях, вся остальная территория полей орошения лежит в пределах современной или древней долины реки Москвы — ее поймы.

В зависимости от такого расположения территории и почвенный покров полей орошения резко распадается на две группы образований различного генезиса.

Первая группа почвенных образований представляет результат развития почвообразовательного процесса на отложениях древнего ледника.

Вторая группа является результатом совместной по времени деятельности как современных геологических процессов, протекающих в долине реки, так и одновременного с ними развития почвообразовательных процессов.

Первая группа почвенных образований — внепойменных, имеет своим геологическим основанием грубозернистые — песчаные и хрящевые ледниковые отложения, переходящие по мере удаления от речной долины во все более глинистые отложения и представляющие продукты перемыва древней морены подледниковым потоком, берег которого они и составляли.

Вследствие чрезвычайной извилистости современного течения реки Москвы ее подмываемый берег — живая терраса постоянно переходит по течению реки то на правый берег, то на левый берег современного русла, и как раз у поворота реки под дер. Чагиной мы наблюдаем такой переход живой террасы — подмываемого берега с правой стороны, которую она занимает против всей территории полей орошения, на левый берег, начинаясь обрывом под дер. Чагиной.

На этом обрыве обнажается коренная порода — черная юрская глина, перекрытая сверху грубозернистыми древнеледниковыми отложениями — хрящевыми песками и хрящами.

Выше обрыва под дер. Чагиной по левому берегу широко раскидывается современная пойма реки Москвы — поля орошения, и, следовательно, кончается размыв древней террасы ее речными водами.

Вследствие этого изменяется и конфигурация этой древней террасы, и она приобретает уже мягкие контуры размыва поверхностными водами. Эти последние прорыли в породе, слагающей восточную часть террасы, четыре долины, из которых три представляют русла постоянных ручьев — Лесного и Среднего и речки Плинтовки, текущих по болотам, занимающим всю пониженную часть долин и сливающихся в одно целое в вершинах р. Плинтовки и р. Среднего; четвертая же долина сплошь занята Гурьевским болотом.

Неразмытые части террасы между этими долинами возвышаются в виде округленных холмов над окружающими болотами.

Северная часть террасы не отличается такой значительной крутизной, как восточная, и хотя также промыта поверхностными водами, но ряд неглубоких долин, рассекающих ее, не носит характера постоянных водотоков, и по ним протекают только воды снеговые и дождевые.

Как уже упоминалось выше, материнская порода, слагающая толщу террасы, состоит из грубых скелетных ледниковых отложений, подстилаемых в юго-восточной части юрской глиной аквилонского яруса. Дальнейшее распространение юры к северу от ее выхода не прослежено.

В толще песков, слагающих террасу, никакой выраженной правильности чередования слоев не наблюдается, кроме, разве, того, что по мере удаления от берега реки грубые пески постепенно переходят в грубые ледниковые суглинки, уже за пределами территории полей орошения. Самая же прибрежная часть сложена из чистых хрящей, глинистых хрящей, валунных песков, хрящевых песков, грубых и мелких песков и глинистых песков в самых разнообразных и неожиданных комбинациях.

Эти образования переходят на всей своей границе с пойменной частью территории полей орошения в серые валунные и хрящевые пески, подстилающие все пойменные образования

долины реки Москвы в пределах полей орошения. Во всех этих образованиях на разной глубине, в зависимости от рельефа местности, залегает слой грунтовой воды, текущей по направлению с северо-востока и пропитывающей всю толщу серых валунных песков поймы в виде подпорной грунтовой воды, на глубине от одного до двух метров от поверхности почвы.

Приток грунтовых вод, протекающих через все эти образования, берет свое начало в обширной лесной площади, лежащей выше этих образований на северо-востоке, по направлению к с. Кузьминкам и Люберцам.

Под покровом леса ежегодно на поверхности почвы скопляется значительное количество мертвой лесной подстилки — листьев, хвои и сучьев. Эти мертвые органические остатки древесной растительности, в отличие от мертвых остатков травянистых растений, содержат во всех своих частях более или менее значительное количество дубильных веществ и часто и смол. Благодаря присутствию этих веществ отмирающие остатки древесных растений не могут подвергаться бактериальному разложению, и единственными растительными организмами, которые могут развиваться на таком субстрате, являются грибы как высшие, так и низшие, которые, как организмы аэробные, находят превосходные условия для своего существования благодаря рыхлости расположения элементов подстилки, допускающей поэтому превосходное проникновение в нее кислорода воздуха.

В связи с этой рыхлостью лесной подстилки, каждый элемент ее, как мертвое органическое вещество, обладает чрезвычайно большой влагоемкостью, вследствие чего вся вода атмосферных осадков нацело впитывается лесной подстилкой и уже по элементам ее чрезвычайно медленным током, повинуясь силе тяжести, направляется вниз и в высшей степени постепенно проникает из подстилки в нижележащую почву.

Вследствие вышесказанного, в почве под пологом леса устанавливается длительный нисходящий ток воды, прерывающийся

только во время продолжительных засушливых периодов и постепенно питающий на глубине постоянный поток грунтовой воды, растекающейся во все стороны вокруг площади, занятой древесной растительностью.

Под влиянием превосходно выраженных условий аэрации и увлажнения лесная подстилка подвергается энергичному разрушению деятельности развивающейся на ней низшей растительной формации — грибов.

Среди большого числа продуктов распада органического вещества подстилки под влиянием жизнедеятельности грибов важную роль в природе играет один из продуктов этой жизнедеятельности — креновая кислота.

Креновая кислота, а равно и все соли ее чрезвычайно легко растворимы в воде, и если бы она скоплялась в среде, в которой протекает жизнь грибов, она, несомненно, очень скоро сделала бы среду непригодной для жизни этих организмов, ибо она, как всякий продукт жизнедеятельности организма, является ядом — токсином по отношению к выделившему ее организму.

Но господствующий в условиях отложения лесной подстилки нисходящий ток воды постоянно уносит растворимую в ней креновую кислоту, вымывает ее в почву и постоянно, таким образом, очищает среду, в которой развивается грибная растительность, от вредного для последней вещества.

Попадая в подстилающую лесную подстилку почвы, креновая кислота производит в ней глубокие изменения. Прежде всего она вытесняет угольную кислоту из ее известковой и магнезиальной солей, которые являются обычными составными частями почти всякой материнской породы, происшедшей путем того или иного процесса минерального выветривания. Очевидно, что креновая кислота, вытеснив угольную кислоту из углекислой извести и магнезии, образует с этими основаниями новые соединения — креновокислую известь и магнезию, или кренаты извести и магнезии.

После того, как все количество углесолей извести и магнезии,

содержавшееся в почве или материнской породе, будет обращено креновой кислотой в кренаты, новые количества этой кислоты, проникающие из лесной подстилки, начинают реагировать с другим веществом, постоянно содержащимся в материнских породах — со свободной окисью железа, с которой она просто соединяется, образуя кренат окиси железа.

Наконец, когда в материнской породе уже нет более ни углесолей извести и магнезии, ни свободной окиси железа, наступает черед третьей постоянной составной части материнской породы — глины. Действие креновой кислоты на глину несколько сложнее ее действия на две предыдущие составные части материнской породы.

Глина или водная кремне-глиноземная кислота под влиянием креновой кислоты расщепляется, причем глинозем, игравший в глине роль кислоты, соединяется с креновой кислотой, образуя кренат глинозема, и оставшаяся от кремне-глиноземной кислоты кремневая кислота выделяется в свободном состоянии частью в форме нерастворимого, частью в форме растворимого в воде гидрата кремневой кислоты.

Наконец, кроме всех вышеперечисленных соединений креновая кислота растворяет также и фосфорнокислые соли, рассеянные обычно во всякой материнской породе.

Все соли, образующиеся в почве или материнской породе, при проникновении через нее раствора креновой кислоты легко растворимы в воде и вместе с нисходящим током воды, господствующим в почве, при этих условиях вымываются из ее верхних слоев и уносятся в нижележащие слои.

Во всех случаях действия креновой кислоты на углесоли извести и магнезии, на окись железа и на глину происходит усреднение креновой кислоты с образованием нейтральных ее солей, и очевидно, что кислая реакция, обусловленная в верхнем горизонте почвы свободной креновой кислотой, должна на некоторой глубине исчезнуть и смениться реакцией нейтральной, при которой уже возможно существование бакте-

риальной флоры, и так как это усреднение реакции среды должно наступить на некоторой глубине и в то же время на поверхности почвы идет интенсивный аэробный процесс разрушения органического вещества лесной подстилки грибами, то очевидно, что в этом горизонте с нейтральной реакцией может существовать лишь анаэробная бактериальная флора.

Для жизнедеятельности этой анаэробной бактериальной флоры здесь имеются превосходные условия, вследствие постоянного нисходящего тока грунтовой воды, лишенной кислорода, благодаря прохождению ее через поверхностный горизонт почвы с его резко выраженной аэробной жизнью, и постоянно приносящего богатый органический субстрат в виде растворенных в воде солей органической креновой кислоты и фосфатов; вместе с тем, нисходящий ток воды беспрерывно уносит из сферы деятельности анаэробных бактерий все вредные для них растворимые в воде продукты их жизнедеятельности.

Жизнь анаэробных бактерий в этом горизонте почвы с нейтральной реакцией вносит в него существенные изменения. Под влиянием этой жизни креновая кислота, входящая в состав кренатов, притекающих из верхних горизонтов почвы, восстановляется в апокреновую кислоту, и таким образом кренаты обращаются в апокренаты.

Из солей апокреновой кислоты хорошо растворимы в воде только апокренаты щелочей — калия, натрия и аммония, значительно менее растворимы соль извести и соль закиси железа и почти совершенно нерастворимы в воде апокренаты окиси железа и глинозема.

Таким образом, по мере притока раствора кренатов к горизонту господства анаэробиозиса, все кренаты будут восстанавливаться в апокренаты и в таком виде, как нерастворимые в воде, в этом слое осядут и сцементируют частички почвы (апокренаты окиси железа, глинозема, извести и магнезии); в более же глубокие слои породы могут проникнуть апокренаты

щелочных металлов, всегда образующиеся из их соединений в верхних горизонтах почвы наряду с вышерассмотренными, в значительно, однако, меньших количествах, и отчасти апокренаты извести и магнезии.

В том же горизонте господства анаэробной жизни в силу наступления в нем условий нейтральной реакции выпадают в нерастворимой форме фосфорнокислые соли извести, железа, магнезии и глинозема, растворенные креновой кислотой в верхних слоях почвы.

Горизонт скопления нерастворимых в воде апокренатов, в зависимости от состава материнской породы и от ее проницаемости для воды, может иметь характер ясно обособленного слоя сцементированной породы или же иметь неопределенные расплывчатые границы и характер более или менее рыхлой массы породы, каждая частица которой облечена как бы корочкой апокренатов, или же выделение последних может быть приурочено к определенным центрам, распределенным равномерно в виде стяжений, отличающихся большей или меньшей твердостью.

Благодаря более постоянному притоку солей креновой кислоты к верхней части горизонта нейтральной реакции и господству анаэробного процесса, восстановительное влияние этого последнего касается здесь только органической кислоты притекающих солей; но в более глубокой части этого горизонта приток этих солей становится прогрессивно уменьшающимся, вследствие перехода кренатов в нерастворимые апокренаты; но восстановительная деятельность бактерий захватывает уже не только органическую кислоту, но и неорганическое основание отлагающихся апокренатов, в результате чего апокренат окиси железа, отлагающийся здесь, переходит в апокренат закиси железа — соль, уже более легко растворимую в воде, чем предыдущая, и поэтому постепенно растворяющуюся и вымывающуюся глубже током нисходящей грунтовой воды.

В результате всей совокупности этих процессов, носящих название подзолообразовательного процесса, получаются ха-

рактерные почвы, носящие название подзолистых почв. В этих почвах мы отличаем следующие горизонты: если почва покрыта лесом, то самый поверхностный слой ее состоит из мертвой лесной подстилки; второй горизонт представляет так называемый подзолистый горизонт, состоящий, главным образом, из кварца и аморфной кремневой кислоты; третий горизонт, так называемый ортштейновый горизонт — горизонт отложения солей апокреновой кислоты с преобладанием апокрената окиси железа; четвертый горизонт, так называемый глеевый горизонт, с преобладанием апокрената закиси железа; и, наконец, пятый горизонт — материнская порода, не затронутая процессами почвообразования.

Но если проследить почвенные образования, начиная от водораздела по склону местности до долины реки, мы не найдем равномерного развития всех вышеназванных горизонтов на всех элементах профиля местности.

На самом водоразделе, или на водораздельном плато, приток грунтовых вод определяется только количеством выпадающих осадков, и эти последние, проникая в почву, приобретают направление не только вертикальное, но и по направлению к скату местности, образуя на склонах ток грунтовой воды, приблизительно параллельный поверхности почвы.

По мере удаления от водораздела по направлению к долине, к атмосферной воде, питающей грунтовые воды, на склонах будут все в большем и в большем количестве присоединяться воды грунтовые, стекающие с вышележащих частей рельефа, что, вследствие медленности движения воды в почве, вызовет все большее накопление грунтовой воды по мере приближения к террасе долины и, при равномерности породы — все большее повышение уровня грунтовой воды.

Наконец, при приближении к самой долине, в нашем случае к долине реки Москвы, основные ледниковые отложения переходят в перемытые грубоскелетные отложения подледникового потока и в продукты их перевевания ветрами — породы,

слагающие террасы, не подмываемые рекой и переходящие в нижние аллювиальные пески, подстилающие все пойменные отложения реки.

Проникая в эти породы, грунтовые воды, вследствие меньшего сопротивления этих пород движению воды, стекают быстрее, уровень их в этих песчаных породах понижается, и по нижним аллювиальным пескам грунтовые воды сливаются с водами реки.

Под влиянием такого характера движения воды в почве в сильной степени варьирует качество залегания ортштейнового слоя подзолистых почв, образующегося под влиянием вымывания в нижние слои кренатов из верхнего горизонта почвы.

На водораздельных плато, особенно в замкнутых впадинах этих плато, где количество поступающей атмосферной воды увеличено ее стеканием с окружающих повышенных частей, процесс вымывания кренатов из верхнего горизонта идет чрезвычайно энергично и не задерживается притоком грунтовой воды со стороны, а так как процесс восстановления кренатов в апокренаты является процессом биологическим, требующим для своего совершения известного времени, то он здесь и не успевает совершиться. Кренаты быстро уносятся с водораздела на склоны, и ортштейнового горизонта — скопления апокренатов в водораздельных частях рельефа — большей частью не образуется вовсе, и подзолистый горизонт здесь залегает непосредственно на материнской породе.

По мере того, как грунтовые воды, направляясь по скату склона, все более замедляют свое течение, и по мере того, как с приближением к грубым породам террасы долины все более увеличивается приток кренатов к горизонту анаэробной жизни, тем все более и более резкое выражение приобретает апокреновый горизонт сначала в верхней трети склона, в виде отдельных стяжений, крупинок и зерен бобовой или дерновой руды, скопления которых приобретают все большую густоту по мере вступления во вторую треть склона, и, на-

конец, на нижней трети склона часто отдельные зерна бобовой руды сливаются как бы в сплошную сеть, образуя более или менее мощные горизонты местного камня ортштейна, рудяка или местных железных руд.

По мере приближения к нижней трети склона и развития ортштейнового горизонта, все большее развитие приобретает и глеевый горизонт — горизонт преобладания апокрената закиси железа.

Наконец, при вступлении в область грубоскелетных террасных образований, граничащих с поймой, струя грунтовой воды быстро распределяется в их толще, и апокренаты отлагаются в этих толщах в виде корок, облекающих равномерно все элементы песка и хряща, придавая им более или менее яркие красные и коричневые цвета или иногда заставляя их спекаться в твердые прослойки железистых песков.

В связи с характером движения грунтовой воды, почвы, образующиеся на профиле от водораздела до долины, приобретают и еще особенности, связанные с содержанием в грунтовой воде растворенной кремневой кислоты.

Растворимая в воде кремневая кислота, выделяющаяся вместе с нерастворимой при процессе оподзоливания материнской породы, уносится подобно кренатам с водораздельных частей рельефа и, по мере замедления тока грунтовой воды, выпадает в нерастворимом аморфном виде среди почвенной массы склонов под влиянием испарения воды, замерзания, повышения температуры ее и тому подобных влияний, придавая почвенным наслоениям склонов своеобразные структурные особенности, с которыми подробнее мы познакомимся далее.

Совершенно та же участь постигает и растворенные креновой кислотой в верхнем горизонте подзолистой почвы соли фосфорной кислоты — фосфаты; они совершенно так же будут вымываться в почвы склонов из почв водоразделов и совершенно так же будут отлагаться во все большем количестве в горизонте ортштейна по мере приближения к нижней трети склона и его

подошве, где ортштейновые конкреции часто содержат до 5 и даже до 7 процентов фосфорной кислоты.

Но безраздельное господство леса, занимающего известную площадь, длится недолго. По мере роста своего лес изреживается и на поверхности почвы появляется кроме мертвого покрова — лесной подстилки еще и живой покров травянистых растений — преимущественно злаков. Такая смена леса лугом вновь и вновь повторяется, после того как на смену стареющего и выпадающего леса появляется новое молодое поколение леса, вытесняющего луг; но по мере хода этого процесса луговая злаковая растительность все прочнее и прочнее овладевает территорией, и каждое новое поколение леса все с большим трудом вновь овладевает почвой. Кроме влияния луговой растительности, повидимому, существуют и еще две причины этой смены растительных формаций — влияние деятельности человека и влияние самого леса на почву.

Обе эти причины действуют губительно на произрастание леса, уничтожая его в одном и том же направлении, начиная от долин рек по направлению к водоразделам; как человек расселяется вначале по течению реки и оттуда захватывает все больше пространство в глубь страны, вырубая и расчищая в том же направлении леса под поля, так и без помощи человека лес сам постепенно оставляет территорию, уступая ее лугу, причем лес покидает первыми наиболее глубокие долинные части рельефа.

Хвойный лес постепенно уступает место лиственному и, наконец, последний в лице своего последнего представителя — осины вытесняется лугом, и этот ход вытеснения леса невольно сопоставляется с характером развития ортштейнового горизонта в связи с рельефом. В нижних частях склона и в долинах ортштейновый слой скорее достигает мощного развития, представляя непреодолимое препятствие для развития глубокого стержневого корня хвойных пород, и, наконец, задержка почвой вод, обусловленная сплошным развитием апокрено-

вого горизонта, и заболачивание почвы влечет за собою исчезновение и осины.

Постепенно возрастающее влияние луговой растительной формации на почву придает ей новые признаки и новые свойства, которые, слагаясь с признаками и свойствами, приобретенными почвой под лесом, и обусловили название почв этой зоны дерново-подзолистыми, как происшедшими под переменным воздействием обеих растительных формаций нашей лесо-луговой зоны.

После того как лес изреживается или же совсем оставляет территорию, на ней поселяется травянистая растительность, среди которой главное место принадлежит представителям злаков, на общем фоне которых могут быть выражены в большем или меньшем количестве представители других семейств.

В то время как предшествовавшая растительная формация — лес или деревянистые растения являлись представителями типичной многолетней растительности, у которой и корень и стебель живут в течение более или менее длинного ряда лет и ежегодно отмирают только листья, которые и отлагаются в виде мертвого покрова на поверхности почвы, луговые представители семейства злаков представляют совсем иные особенности.

Мы обыкновенно отличаем однолетние, двухлетние (озимые) и многолетние злаки; но, по существу, последние являются также однолетними растениями, размножающимися, помимо полового способа, еще и путем бесполого размножения.

Характерным отличием однолетнего растения от многолетнего является то, что у первого все образовавшиеся органы—корни, стебли, листья существуют только один год и для продолжения существования вида остается только семя, которое и прорастает на следующий год, чтобы повторить тот же цикл развития.

У многолетних злаков мы видим то же: в данном году развивается побег, образует корни, листья, стебли, приносит семена и, кроме того, образует еще несколько побегов, которые в этом году развивают лишь несколько листиков и корней, но

никогда не дают стеблей, цветов и семян; на следующий год вся растительная масса побега, давшая стебли и семена в прошлом году, отмирает целиком, отмирают и корни, и стебли, и листья его, и продолжают развиваться в новом году только семена и те новые побеги, которые в прошлом году образовали лишь два-три корешка и несколько листьев, и такая смена всех побегов повторяется ежегодно; и поэтому и многолетние злаки представляют, в сущности, однолетние растения, размножающиеся бесполым путем рядом с размножением их семенами.

В зависимости от такого характера развития и влияние новой растительной формации — злаков, луговой формации на почву будет резко отличаться от такого же влияния леса. Органические остатки луговой растительности скопляются ежегодно не только на поверхности почвы, как в лесу, а, главным образом, внутри самой почвы, в ее верхних горизонтах в форме отживших корней; отмершая масса надземных органов луговых растений используется в большей своей части домашними или дикими животными, и часто масса органического вещества, отлагающаяся ежегодно внутри почвы, может оказаться больше той, которая отлагается в то же время на поверхности почвы.

Кроме особенностей в отложении органического вещества луговой растительностью, оно отличается от лесной подстилки еще и тем, что в нем почти никогда не содержится дубильных и смолистых веществ, в результате чего оно доступно разложению бактериями, которые совсем не могут развиваться на остатках древесной растительности.

Ясно, что в зависимости от условий, в которых отложилось мертвое органическое вещество луговой растительности, оно может подвергаться разложению или группой аэробных, или же группой анаэробных бактерий.

Когда лес только что оставил занятую им ранее территорию, почва из-под него пронизана в поверхностных горизонтах

большим количеством древесных корней, и, кроме того, она под защитой полога насаждения и лесной подстилки не подвергалась уплотняющему действию дождя, и пока корни деревьев и подстилка еще не разложились, сохраняет значительную рыхлость.

На такой почве поселяются после леса бобовые растения — лесные виды клевера, вик, чин и вместе с ними представители злаков корневищевого типа — вейники, трясунка, перловники. Под влиянием бобовых растений происходит процесс двоякого рода. Почва обогащается азотом, который эти растения усвояют в виде свободного азота воздуха, и, кроме того, своими глубоко идущими корнями бобовые проникают до отложений ортштейнового слоя, где под влиянием предыдущей деятельности леса скопилась масса веществ, выщелоченных из поверхностного оподзоленного горизонта, и где корни бобовых находят изобилие извести, фосфорной кислоты и других питательных веществ.

Усваивая азот и вышеназванные питательные вещества, бобовые растения откладывают их в почве в виде своей корневой системы, которая при отмирании и обогащает этими веществами вновь поверхностные горизонты почвы, давая возможность развиваться корневищевым злакам, которые в почве, бедной азотом, могли бы вести лишь скудное существование; но следуя или развиваясь одновременно с бобовыми растениями, корневищевые злаки встречают лучшие условия для своего существования в виде готового запаса азота и питательных веществ и в виде рыхлой почвы, способной запасти значительное количество воды и допускающей обильный доступ воздуха в почву. Последнее обстоятельство играет в жизни корневищевых злаков особенно важную роль, ибо их корневище — орган бесполого их размножения, представляющее стеблевое образование, несущее на себе узлы кущения, развивается в верхнем горизонте почвы и для успешного кущения, т. е. вегетативного развития новых особей, нуждается в одинаковой мере как в обильной

влажности, так и в обильном доступе воздуха. Обеспеченность влажности, необходимой для кущения, т. е. для развития и размножения, обусловливается достаточно глубоким залеганием корневища, и очевидно, что оно возможно лишь в том случае, когда на ту же глубину беспрепятственно проникает воздух, т. е. в рыхлой почве.

В первое время после оставления площади лесом эти условия создаются благодаря наличию в почве разлагающихся древесных корней; хорошие условия питания создаются развитием бобовых растений. Но корни деревьев разлагаются под влиянием грибов, и их разложение заканчивается в 2—3 года, и так как при этом способе разложения получается только растворимое органическое вещество — креновая кислота, не способная придать почве прочность строения, то, по мере исчезновения корней деревьев, почва оседает, уплотняется и, как богатая мелкой мучнистой кремневой кислотой — результатом оподзоливания материнской породы, такая почва становится очень трудно проницаемой для воздуха и воды.

Корневища злаков в погоне за воздухом принуждены, при своем дальнейшем развитии, переселяться в самые верхние слои почвы, но здесь они встречаются с новым неблагоприятным явлением — в верхних слоях влажность подвергается чрезвычайно сильным колебаниям и летом, в период усиленного кущения, такая почва может высыхать на долгие промежутки.

Кущение ослабляется, и корневищевые злаки отмирают, уступая свое место новому типу злаков — рыхлокустовым с вневлагалищным развитием побегов. Во время развития корневищевых злаков процесс разложения органических остатков в почве претерпевает резкое изменение по сравнению с тем, который господствовал в почве, занятой лесом. Господствовавший ранее тип грибного разложения органического вещества сменяется типом аэробного бактериального разложения, который, по мере истлевания остатков леса — его корней и подстилки, приобретает все большее значение.

Чрезвычайно тонко разветвленная и вместе с тем глубоко проникающая в почву корневая система корневищевых злаков проникает до ортштейнового слоя, черпает из него питательные вещества и отлагает их в форме органических остатков в поверхностных слоях почвы. Эта деятельность корней злаков становится совершенно ясной, если припомнить, что масса корней убывает по мере углубления в почву, длина же корневых разветвлений возрастает по мере углубления до самой границы распространения корневой системы; и корни злаков при своем развитии (вместе с корнями бобовых и других травянистых растений) как бы возвращают в верхние слои почвы часть тех веществ, которые были вымыты из этих верхних слоев процессом подзолообразовательным, причем возвращаются в верхние слои почвы как раз те вещества, которые являются физиологически важными для растений, которые служат им пищей.

В первое время существования корневищевых злаков возвращаемые ими в верхние слои почвы питательные минеральные вещества не подвергаются прочному закреплению в этих слоях — в них господствует аэробный бактериальный процесс разложения; органическое вещество быстро минерализуется, и освободившиеся минеральные вещества вновь становятся способными служить пищей для растений. Но аэробный процесс постепенно ослабевает, уступая свое место анаэробному, и главной причиной этого служит уплотнение почвы, влекущее за собой и одновременное исчезновение корневищевых злаков.

Кроме уплотнения почвы, в деле появления и все усиливающегося господства анаэробиозиса в такой почве большую роль играет и существование осеннего максимума увлажнения почвы в наших широтах.

Начинаются осенние дожди, выпадающие не в форме ливней, быстро стекающих с поверхности почвы, а в форме длительных мелких затяжных дождей, пропитывающих почву водою на значительную глубину и создающих в ней условия резко выраженного анаэробиозиса. И к этому же дождливому

осеннему периоду приурочено и массовое отмирание в почве органических веществ; все побеги злаков, приносящие к этому времени спелые семена, целиком отмирают со всей своей корневой системой, и все это органическое вещество попадает в условия анаэробиозиса, т. е. начинает разлагаться и затем, вследствие самого характера анаэробного процесса разложения, консервируется до наступления условий, благоприятствующих аэробному разложению, т. е. до поздней весны следующего года, когда почва освободится от избытка воды.

Таким образом, каждый новый год почва начинает свою жизнь после зимнего перерыва уже с запасом органического вещества, и так как в то же время начинается период усиленного развития нового поколения злаков, потребляющих также значительное количество кислорода и воды, то и разложение органических остатков замедляется; потом наступает лето — почва иссушается благодаря значительному развитию листовой поверхности растительности, и в результате совокупного действия всех этих явлений к осени нового года органическое вещество, оставшееся от растительности прошлого года, не успевает целиком разложиться, и ко времени нового отложения органического вещества отмерших растений в почве еще остается часть прошлогоднего вещества; начинается постепенное, медленное сначала, накопление неперепревших органических остатков в верхних слоях почвы, где происходят наиболее сильные колебания влажности и связанные с ними переходы от анаэробиозиса к аэробиозису и к совершенному прекращению разложения при высыхании этого слоя.

Постепенное накопление органического вещества в верхних слоях почвы также является чрезвычайно важным фактором в определении направления хода биологических процессов в почве. Концентрация органических остатков в верхних слоях влечет за собою сильное потребление кислорода в этих слоях и недостаток его, а следовательно, и господство анаэробиозиса, в нижних слоях почвы и его последствие — задержку разло-

жения органического вещества, и кроме того, при концентрации органического вещества в какой-либо среде начинают выражаться все в более резкой форме физические свойства органического вещества — его влагоемкость и способность разбухать от воды. Под влиянием этих двух свойств всякий дождь вызывает энергичный аэробный процесс разложения в периферических участках органического вещества, вместе с тем совершенно изолирует уже чисто механическим путем доступ кислорода к внутренним участкам этого вещества.

Под влиянием всей совокупности этих явлений в почве начинается процесс накопления органического вещества и вместе с тем и минеральных веществ в форме органо-минеральных соединений, не доступных для питания растений и не подвергающихся выщелачиванию из почвы; вследствие этого слагаются условия, не благоприятные для развития корневищевых злаков, которые и сменяются новой формацией злаков, образующих рыхлый куст, вследствие того, что новые побеги их при своем развитии принимают направление, не перпендикулярное к направлению первоначального побега, как это имеет место у корневищевых злаков, а развивается под некоторым углом к направлению побега, от которого они отходят, прободая при этом листовое влагалище этого побега.

Благодаря этой особенности развития, в результате которой побеги этих злаков быстро выходят из почвы, образуя рыхлый куст, они и не нуждаются в обильном притоке воздуха к почве, ибо кущение уже идет из узлов, лежащих на уровне поверхности почвы и защищенных от высыхания облекающими их листовыми влагалищами. Эти злаки обладают и корневой системой, почти не отличающейся от корней первой группы злаков, т. е. длинными, тонкими и сильно разветвляющимися, образующими густую сеть, пронизывающими верхний слой почвы во всех направлениях в погоне за питательными веществами.

Под влиянием подобной корневой системы весь верхний слой почвы пронизывается сложной сетью трубочек, сначала

заполненных корнями; но так как корни злаков живут только один год, то весьма скоро эти трубочки освобождаются от органического вещества, разлагающегося в начальных стадиях дернового процесса под влиянием аэробного процесса, и получающаяся при нем гуминово-аммиачная соль пропитывает стенки трубочек, уплотненные давлением корней, и в них переходит в гуминовую кислоту вследствие разрушения аммиака бактериальными процессами. Выделившаяся гуминовая кислота, как нерастворимая в воде, особенно после действия мороза, придает склеенным ею частям почвы прочность, т. е. способность противостоять размывающему действию воды, и, наконец, вследствие постоянных, хотя и незаметных движений верхних слоев почвы, происходящих под влиянием высыхания и смачивания, замерзания и давления вновь развивающихся корней, вся масса почвы, разделенная сетью корневых трубочек, распадается на бесчисленные количества небольших прочных отдельностей — комочков. Этому распадению почвы на прочные комочки сильно помогает также работа всевозможных роющих животных, поселяющихся во множестве на таких дерновых почвах.

Рядом с этим процессом образования прочных комков идет и другой, начавшийся так же, как и первый, еще под покровом корневищевых злаков — процесс постепенного накопления органических остатков. Но под покровом рыхлокустовых злаков процесс накопления отживших органических остатков приобретает уже значительно ускоренный темп, так как под влиянием рыхлых кустов накопление органического вещества начинает концентрироваться в фокусы, а не распределяется уже так равномерно по всей поверхности, как при корневищевых злаках; и рядом с этим все усиливается накопление органического вещества с поверхности почвы, отлагающееся из над земных остатков растений, прижатых к почве снегом, дождями, ходьбой, пастьбой.

Здесь, на поверхности почвы, эти уплотненные органиче-

ские остатки находятся в неблагоприятных условиях разложения: поверхностный слой их быстро обсыхает, и разложение его замедляется, лежащий под ним тонкий слой в сухое время защищен от испарения верхним сухим слоем и разлагается аэробным путем и, благодаря этому, перехватывает весь кислород воздуха, заставляя слои, лежащие ниже него на поверхности почвы и в самой почве, разлагаться анаэробным путем. Но после всякого дождя вся масса органического вещества, лежащая плотным слоем с поверхности, пропитывается водой, которая, в силу огромной влагоемкости слоя органического вещества, передвигается в глубину чрезвычайно медленно, и разложение всей массы органического вещества идет уже исключительно под влиянием медленно идущего анаэробного процесса, в результате чего из года в год количество органического вещества в почве и на ее поверхности все более и более увеличивается.

Этот процесс накопления органического вещества в почве влечет за собой накопление в ней также и минеральных веществ, входящих в состав органического, т. е. веществ, необходимых для питания растений; но вследствие затрудненного разложения органического вещества, минеральные вещества, входящие в его состав, остаются в состоянии органо-минеральных соединений, недоступных как пища обычным культурным растениям и луговым злакам, минеральная пища которых должна состоять из минеральных окисленных соединений.

По мере развития в почве под рыхлокустовыми злаками анаэробного процесса разложения органического вещества усиливается и другое его последствие — восстановительное влияние на минеральные составные части почвы, и все минеральные окисленные соединения почвы, способные отдать часть или весь кислород, входящий в их состав, лишаются этого кислорода и переходят в восстановленные соединения.

Таким образом все в изобилии содержащиеся в такой почве минеральные питательные вещества переходят в неудобо-

усвояемое для обычных растений состояние — или в форму органо-минеральных соединений, или в форму восстановленных и закисных соединений, и последнее сопровождается в глубоких слоях, содержавших раньше яркоокрашенную окись железа и апокренат окиси железа и отличавшихся поэтому красным или желтым цветом, утратой этого цвета и обращением их в сероватую массу, окрашенную закисью железа и апокренатом закиси железа.

Изменения, совершившиеся при этих условиях в почве, не могут не отразиться на состоянии флоры, под покровом которой они совершаются; с переходом все большего количества питательных веществ в неудобоусвояемое состояние, питание растущих на такой почве растений должно становиться все более и более затруднительным; рост и развитие их должны ослабляться, и они принуждены предоставить занятое ими место таким растениям, которые приспособлены к жизни во вновь создавшихся условиях.

Такими растениями, приспособленными к жизни в почве, не содержащей кислорода, в почве с господством анаэробного процесса разложения органического вещества и содержанием неудобоусвояемых для обычных растений минеральных веществ, являются несколько групп растений — плотнокустовые злаки, кислые злаки, осоки, ситники.

Эти группы растений отличаются от групп корневищевых и рыхлокустовых злаков несколькими биологическими особенностями, резко бросающимися в глаза уже в первой группе, сменяющей первоначально и постепенно группу рыхлокустовых злаков — у злаков плотнокустовых.

Эти злаки развивают свои новые побеги в направлении, параллельном старому побегу, причем новый побег иногда не прободает листового влагалища старого, а развивается внутри него, и узел кущения этих злаков лежит всегда выше поверхности почвы, покрытой слоем отжившего органического вещества, поглощающего кислород и не допускающего его в почву; а так как

кущение требует наличности и кислорода, и достаточной влажности, то в погоне за первым узел кущения этих злаков развивается выше поверхности слоя органического вещества, покрывающего почву, а для обеспечения необходимой влажности молодые побеги развиваются внутри старых листовых влагалищ, предохраняющих их от высыхания.

Благодаря таким особенностям развития надземных органов этот тип злаков образует надземные чрезвычайно плотные кусты, которые, постепенно стремясь при развитии своих новых побегов уйти от отжившего органического вещества, быстро образуют сначала полушаровидные кочки, которые не замедляют перейти, благодаря росту верхней части, в цилиндрические кочки, увенчанные живым растущим кустом плотнокустового злака.

Отжившие части этих злаков разлагаются чрезвычайно медленно благодаря плотности своего отложения и огромной влагоемкости отжившей массы, в которой, благодаря этому, безраздельно господствует анаэробное разложение, приводящее к сохранению органического мертвого вещества.

Быстрое накопление органического вещества при развитии плотнокустовых злаков обусловливается еще и тем, что они принадлежат к худшим кормовым растениям, плохо съедаются на месте и благодаря плотности куста очень несовершенно скашиваются.

Кроме особенностей надземных органов, плотнокустовые злаки отличаются еще и особенностями корневой системы: вместо густой сети тонких и сильно разветвленных корней, характеризующих корневищевые и рыхлокустовые злаки, плотнокустовые злаки развивают из основания каждого побега 2—5 толстых, почти не ветвящихся, более или менее длинных корешков, опускающихся почти вертикально вниз.

Такой характер корней объясняется особенностями, приобретенными почвой под покровом двух предшествующих типов злаков. Почва изобилует минеральной пищей, перенесенной из

нижних слоев предшествующими растениями, и растению нет необходимости создавать густую сеть корней для разыскания пищи — они находят ее всюду.

Но обильно заготовленная пища находится в неудобоусвояемой форме, и плотнокустовые злаки имеют корни, приспособленные для подготовки восстановленных минеральных веществ. Эти корни во всю длину пронизаны воздухоносными тканями, переходящими в стебли и листья этих злаков и приносящими к корням кислород, которым эти растения окисляют восстановленные минеральные вещества почвы, переводя их в удобоусвояемую форму, и усвояют их. При внимательном рассмотрении корней плотнокустовых злаков в естественной почве, на которой они выросли, всегда можно видеть, что каждый толстый корень этих растений окружен как бы трубочкой яркожелтого или красного цвета; эти трубочки представляют почву, соли железа которой и окись железа окислены кислородом, приносимым корнями к почве, которая в отдалении от корней окрашена в серый или синеватый цвет солями закиси железа или закисью железа. Вследствие присутствия этих воздухоносных ходов корни плотнокустовых злаков в несколько раз толще корней злаков двух предыдущих типов.

При полном развитии этой формации плотнокустовых злаков луг приобретает характерный вид так называемого кочковатого луга.

Как в почве такого луга, так и в отлагающемся с поверхности слое органического вещества теперь безраздельно господствует анаэробный процесс, под влиянием которого прирост мертвого органического вещества идет уже беспрепятственно и быстро, и по мере накопления его с поверхности слой этого органического вещества, благодаря своей огромной влагоемкости и обусловленной ею медленности передвижения в нем воды, почти перестает пропускать через себя воду. Стекание атмосферной воды с поверхности такого луга также сильнейшим образом задерживается сплошной массой кочек, и как весной и осенью,

так и во время летних дождей воды все долее и долее задерживаются этим слоем на его поверхности, покрывая собой надолго узлы кущения плотнокустовых злаков. Это все более усиливающееся явление начинает все в большей мере угнетать развитие плотнокустовых злаков, узлы кущения которых нуждаются в беспрепятственном доступе кислорода, и плотнокустовые злаки, не приспособленные к вновь создавшимся условиям, постепенно уступают место новой растительной формации кислых злаков, осок и ситников, уже приспособленных к этим новым условиям тем, что все органы их — листья, стебли, корневища и корни пронизаны густой сетью воздухоносных ходов, разносящих кислород и к корням, и к узлам кущения.

Кочковатый луг постепенно переходит в травяное болото, на поверхности которого вода не пересыхает уже круглый год.

Попадая уже прямо в воду, ежегодно отмирающие стебли, корни и корневища этих растений под влиянием безраздельного теперь господства анаэробного процесса накопляются на поверхности и все более и более уплотняются под давлением ежегодных новых слоев, и рост болота идет быстро в толщу, образуя настоящий так называемый низовой торф.

Быстрое накопление толщи торфа является критической причиной, кладущей предел господства новой формации кислых злаков, осок и ситников. Все эти растения питаются минеральными составными частями почвы, окисляя их приведенным воздухоносными трубками кислородом из восстановленных соединений почвы. Но по мере роста болота в толщину, корни каждого нового поколения побегов этих растений все с большим трудом достигают минеральной почвы, и все большая часть корней остается целиком в органическом веществе торфа, в котором минеральные вещества находятся в состоянии органо-минеральных соединений, являющихся неудобоусвояемыми и для этой растительной формации.

Первое время потребность этих растений в зольных питательных веществах еще может удовлетворяться притоком их

из верхних слоев торфа, где на самой границе атмосферного воздуха идет аэробное разложение отмершего органического вещества; при этом освобождается некоторое количество минеральных веществ, которые служат для питания растущих на поверхности болота растений. Но так как из отлагаемого ежегодно количества органического вещества большая часть сохраняется в стоячей воде болота в форме органических остатков и минерализуется лишь меньшая часть, то скоро весь наличный запас минеральных веществ торфа переходит в форму неусвояемую — органо-минеральных веществ.

Флора лугового или травяного болота начинает обогащаться новыми формами растений, корни которых приспособлены для жизни на мертвом органическом веществе и для усвоения минеральных веществ из органо-минеральных соединений путем выделения особых ферментов, разлагающих органо-минеральные соединения; появляется целый ряд полупаразитных растений и новая растительная формация мхов.

Мхи поселяются сначала рассеянно, островками, но быстро завоевывают все пространство, и в лице своего наиболее типичного представителя сфагнума, или торфяного мха, быстро завоевывают все пространство болота. Травяное болото переходит в болото моховое.

Мхи представляют уже бессосудистое растение и могут развиваться в течение неопределенно долгого времени, и во время своего длительного развития довольствуются минимальными количествами минеральных веществ, которые первоначально усваиваются ими из органического вещества торфяной массы низового болота.

По мере развития мохового растения нижняя часть его отмирает и верхняя молодая, вегетирующая часть его своими тонкими корешками усваивает минеральные вещества нижней отмершей части, так что минеральные вещества, раз усвоенные торфяным растением, постепенно передвигаются вверх вместе с живой частью мохового растения. В зависимости от этого

мы встречаем такое распределение зольных составных частей в моховом болоте. Внизу, в области еще низового торфа, зольность его очень значительна, но быстро уменьшается по мере перехода вверх в область мохового торфа; в этой области чисто мохового торфа зольность выражается ничтожнейшим содержанием, и она снова возрастает по мере вхождения в область живых еще моховых растений так называемого торфяного очеса.

Таков в общих чертах ход почвообразовательного процесса, сменяющего процесс, идущий под покровом леса, и могущего быть названным дерновым процессом, и очевидно, что в зависимости от того, в какой стадии развития мы его застаем, мы можем встретить или чистые подзолистые почвы, или дерново-подзолистые, или почвы травяных болот, или, наконец, почвы верховых моховых болот.

Распределение этих почв в нашей полосе определяется известной закономерностью в зависимости от положения места в связи с общим рельефом местности.

Подобное расположение мы встречаем и в почвах полей орошения, хотя далеко не в равной мере.

В общем рельефе местности мы отличаем водоразделы, склоны с их верхними и нижними частями, замкнутые низины и долины рек с их современной террасой, притеррасную часть долины, собственно пойму реки и прибрежную часть поймы.

Характер почвообразовательного процесса, идущего на этих различных частях общего рельефа местности и представляющего как бы отдельные моменты в эволюции одного общего грандиозного процесса воздействия биологических факторов на мертвые продукты выветривания коренных горных пород — на так называемую материнскую породу, может претерпевать значительные изменения, главным образом в смысле изменения темпа развития, под влиянием современных геологических процессов, подчиненных в значительной степени, хотя и различно в пределах каждой отдельной климатической зоны, влиянию рельефа местности.

В значительной степени скажется также влияние рельефа местности, в смысле влияния на темп развития почвообразовательного процесса, так называемая экспозиция места, т. е. его направление к странам света, играющее немаловажную роль в характере распределения флоры местности и ее развития, и неменьшей степени тот же рельеф местности сказывается в определении влияния почвообразовательного процесса, протекающего в верхних частях рельефа, на особенности его развития в нижних частях рельефа.

Если начать с водоразделов, не отличающихся значительной поперечной протяженностью, то на них мы большей частью замечаем значительный перевес первой стадии почвообразовательного процесса — влияния лесной растительности, которая в этой области рельефа склонна к наиболее долгому существованию благодаря причинам, о которых уже говорилось выше; как мы видели выше, ортштейновый слой здесь не находит достаточно выраженных условий для своего образования, и в результате, при наличности еще существующего леса, мы встречаем здесь подзолистые почвы или, чаще, подзолы, переходящие постепенно, часто без всяких признаков ортштейнового горизонта, в материнскую породу. Подзолистый горизонт здесь, вследствие длительного влияния леса, бывает большей частью развит на большую глубину и в верхнем своем горизонте отличается большей грубозернистостью, как результат преобладания в этой области элювиальных процессов — процессов снесения более мелких частиц водою вниз по склону.

При наступлении второй стадии почвообразовательного процесса — дернового процесса травянистая растительность встречает очень суровые условия развития — глубокий оподзоленный горизонт, лишенный питательных веществ, и под ним сырую неподготовленную материнскую породу, из которой корни травянистой растительности лишь с трудом усваивают минеральные вещества, вследствие отсутствия в ней азотистых соединений.

Только травянистые растения, усвояющие свободный азот воздуха — в наших широтах бобовые растения, могут развиваться на такой почве, но все эти растения обладают длинными корнями, для успешного развития которых нужна рыхлая почва, и растения эти могут развиваться только при симбиотическом сожительстве с бактериями, усвояющими свободный азот воздуха и образующими на корнях бобовых известные характерные клубеньки. Но бактерии, усвояющие свободный азот воздуха, суть резко выраженные аэробы, почва же водораздельных подзолов не содержит органического вещества, способного придать им прочность строения, и как только сгниют остатки корней деревьев, вся толща подзола сливается в плотную раздельнозернистую бесструктурную массу, непроницаемую ни для воздуха, ни для воды.

В этих условиях бобовые растения не могут развиваться, не могут подготовить почву для последующей формации злаков и из последних появляются лишь самые нетребовательные — белоус, не покрывающий почву сплошным ковром, а лишь в виде редких щетинистых кустиков, пространство между которыми быстро заполняется самыми нетребовательными растениями — водорослями и лишайниками, между которыми, в свою очередь, заселяются мхи, сначала также клочками — дерновинками, а затем быстро занимающими всю территорию, и на поверхности подзола прямо, почти без всякого перехода селится последний член дернового процесса — моховое болото; образуется верховое, или водораздельное, болото.

Эти почвы, водораздельные подзолы и верховые болота на территории полей орошения, развиты в высшей степени слабо на маленьком частном водоразделе между верховьями речки Плинтовки и Гурьевским болотом, представляющим также заросшее болотом русло маленькой речки.

В настоящее время от этих почвенных образований не осталось и следа; они занимали всего несколько десятков десятин и совершенно срыты при больших планировочных

работах по устройству верхних полей орошения. В смысле пригодности для целей обезвреживания сточной жидкости эти водораздельные подзолистые почвы и подзолы занимают самое последнее место, они «припадливы», т. е. лишены всякой прочности, и после обработки слегаются в непроницаемую для воды и воздуха массу; придача им прочности является задачей чрезвычайно трудной ввиду их чрезвычайной бедности; многолетние злаки, как уже упоминалось выше, на них развиваются с трудом и придать им прочное строение действием корневой системы злаков поэтому нельзя; запаханный же в них навоз лежит в них годами вследствие постоянного господства в них анаэробных условий.

В случае, когда водораздел занимает обширные площади, образуя так называемые водораздельные плато, почвообразовательный процесс на нем претерпевает модификации того же порядка, как и на элементах склона рельефа в широком смысле этого слова, ибо водораздельное плато, в свою очередь, представляет комбинацию тех же элементов рельефа, но иногда в менее резко выраженной форме; поэтому особенности модификаций почвообразовательного процесса на водораздельных плато будут те же, которые мы встречаем на склонах и замкнутых долинах, но часто в менее резко выраженной форме.

Почвообразовательный процесс на склонах разобран выше; здесь он выступает во всех своих главных подробностях, о которых говорено было выше. Если обратить внимание на верхние и нижние части склонов, то здесь мы встретим все переходы от процесса, преобладающего на водоразделе, до процесса, являющегося господствующим в долине.

Причинами этого перехода будут два основных явления: делювиальный снос минеральных частиц с водораздела и верхних частей склонов в нижние части и явление преобладания процессов вымывания растворимых продуктов почвообразовательного процесса в верхних частях склонов и замедления

быстроты тока грунтовой воды в нижних частях склонов, связанное с ним большее увлажнение нижних частей склонов и отложение в них продуктов почвообразовательного процесса верхних частей склонов.

Под влиянием этих двух основных явлений на поверхности склонов отлагаются делювиальные сносы механических элементов почвы, постепенно утолщающиеся по мере приближения к подошве склона, и под влиянием вымываемой грунтовой водой растворимой кремневой, а отчасти и титановой кислоты, выделяющихся в этих слоях в нерастворимой форме при испарении грунтовых вод, механические элементы делювиальных отложений склонов сцементировываются в рыхлые агрегаты.

В то же время в слое господства анаэробных процессов грунтовые воды, как уже было описано выше, освобождаются от растворенных кренатов, обращающихся в апокренаты, и по мере приближения к подошве склона растет в своей мощности и развитии и ортштейновый слой.

При наступлении второй стадии почвообразования — дернового процесса как представители бобовых травянистых растений, так и представители злаковых растений встречают в этих сравнительно рыхлых делювиальных отложениях и в ортштейновом слое все лучшие, по мере приближения к подошве склона, условия своего развития, и весь описанный выше дерновый процесс протекает на склоне во всех своих подробностях; и характер почвенных образований, которые мы встретим на разных частях склонов, будет зависеть от того, в какой стадии развития почвообразовательного процесса мы их застанем.

В верхней трети склона мы встречаемся с почвами, на которых дерновый процесс еще не в состоянии приобрести решительного перевеса, и тут мы встречаем так называемые дерново-подзолистые почвы, с ясно выраженным подзолистым горизонтом и сравнительно слабо развитым, подстилающим первый ортштейновым горизонтом, переходящим очень постепенно и

почти всегда без посредства глеевого горизонта — горизонта скопления апокрената закиси железа, в материнскую породу. В верхнем подзолистом горизонте все яснее по мере удаления от водораздела начинает дифференцироваться новый дерновый горизонт, сначала незначительной мощности и не резко окрашенный в серо-коричневый цвет, с малым еще содержанием органических остатков и гуминовой кислоты и с ясными белыми или серовато-белыми пятнами — стяжениями аморфной кремневой и титано-кремневой кислоты, придающей кроме того и общий белесоватый оттенок всему горизонту.

Если на такой почве появление лесной растительности не задерживается какими-либо посторонними причинами, например, пастьбой скота, то она быстро заселяется лесом. В случае же наличности причин, мешающих появлению леса, и отсутствия распашки дерновый процесс протекает весьма быстро в первых своих стадиях — корневищевой и рыхлокустовой — и быстро наступает период плотнокустовых злаков, белоуса и щучки, появляются осоки, ожига, мелкие ситники, и вскоре замечается появление мхов, и над тонким слоем низового торфа прямо начинает развиваться моховое болото.

Но по мере приближения к середине и нижней половине склона все заметнее развивается дерновый слой. Делювиальные наносы все более приобретают мощность и все сильнее развивается ортштейновый горизонт, и общая мощность почвенных образований прогрессивно растет. Здесь материнская порода в верхней своей части переходит в ясно выраженный серый глеевый горизонт, отграниченный от нее весьма постепенным переходом в виде языков, расплывчатых пятен, прожилок и как бы затеков. В верхней своей части глеевый горизонт совершенно нечувствительно переходит в ясно выраженный ортштейновый горизонт, окрашенный в темнокоричнево-красный цвет, местами с синеватым отливом и бурыми стяжениями; горизонт этот большей частью очень плотен и участками достигает крепости камня. В верхней своей границе ортштейновый горизонт

местами резко, местами с большей постепенностью, выступами и языками, переходит в вышележащий подзолистый горизонт белесоватого цвета с массой мучнистой пылеватой аморфной кремневой кислоты и большей частью бесструктурный плотный и в своей верхней части переходящий в более рыхлую массу серовато-желтого цвета, иногда с слабым розово-красноватым оттенком; в отличие от нижней бесструктурной части этот более рыхлый горизонт несет большей частью следы слоистого сложения; слои его неоднородны по толщине, часто отличаются, хотя и не в значительной степени, по механическому составу, но никогда элементы, их слагающие, не отличаются сколько-нибудь значительной степенью сортировки, хотя камни и хрящ, часто присутствующие в нижележащем бесструктурном горизонте, здесь отсутствуют. Бóльшая рыхлость этого горизонта, слои которого почти не бывают параллельными между собою, зависит от того, что отдельные элементы его как бы склеены между собой в неясные мельчайшие конкреции, образуя в общем впечатление неясно выраженной микроструктуры. На этом общем фоне выделяются скопления и стяжения апокренатов то в виде буро-ржавых пятен, то в виде ясно дифференцированных зерен ортштейна, то в виде тех и других образований, вкрапленных в общую массу горизонта, то рассеянно во всей его толще, то в виде более или менее сконцентрированных прослоек. В своей верхней части этот горизонт делювиальных сносов в высшей степени постепенно и незаметно переходит в самый поверхностный горизонт, окрашенный в серо-бурый цвет и содержащий более или менее значительное количество органических остатков. Это серые северные суглинки.

Предоставленные сами себе, эти почвы быстро покрываются обильной флорой бобовых растений, преобладающим образом клеверами, чиной и многолетними виками, среди которых развивается пышная флора корневищевых и потом рыхлокустовых злаков. Эта последняя формация долго удерживает за собой территорию, вследствие значительного притока питательного

материала с верхних частей склона и водораздела, дающего ей возможность длительно бороться с явлением накопления органических веществ в верхних слоях почвы; и только весьма постепенно наступает период плотнокустовых злаков, которому то же явление притока со стороны питательных веществ дает возможность еще долее бороться с неизбежным наступлением господства формации кислых злаков и образования травянистого болота, которое после не менее длительного периода существования уступает, наконец, место моховому болоту.

Когда процесс борьбы мохового болота за территорию закончился, мы встречаем в нем все горизонты торфа чрезвычайно ясно развитыми. На поверхности минеральной почвы, переполненной органическими остатками, лежит плотный дерновый слой — остатки луга, чрезвычайно богатый не только зольными составными частями в прямом смысле, но и землистыми частицами делювиальных сносов; на этом горизонте залегает мощный слой грубозернистого богатого зольными составными частями лугового торфа с включениями вивианита и марказита, и над ним уже залегает более или менее мощный слой мохового торфа с живым моховым покровом наверху.

Та же последовательность наслоения горизонтов торфа наблюдается и в случае зарастания замкнутого бассейна — озера с той лишь разницей, что нижний слой лугового торфа, образующегося уже после заполнения бассейна торфяной массой, подстилается не дерновым слоем почвы, а мощной массой аморфного однородного озерного торфа, богатого зольными составными веществами и включениями не только вивианита и марказита, но и углекислой извести, часто сохраняющей еще форму раковин пресноводных моллюсков, из которых она образовалась, и значительное количество хитина в виде остатков покровов прежних обитателей водяного бассейна.

Нижняя часть склона постепенно переходит в отчасти замкнутую котловину, которая представляет большей частью извилистую долину, по тальвегу которой может струиться

речка или ручей, иногда пересыхающий летом, иногда сохраняющийся в виде отдельных бочагов, чаще же при обезлесении местности долина служит только для стока весенних вод.

Почвенные образования нижней части склона представляют среднее между образованиями верхней части склона и долины.

Делювиальные сносы развиты здесь обыкновенно сильнее, по механическому составу они отличаются большей мелкоземистостью, слоистое сложение выражено обыкновенно очень неясно, и резко выраженной разницы в механическом составе отдельных горизонтов не наблюдается. Тонкозернистая микроструктура делювиальных наслоений здесь выражена очень ясно.

В случае отсутствия вмешательства человека такие почвы покрываются луговой растительностью, и под таким покровом мы наблюдаем такую смену горизонтов. Сверху хорошо развитый дерновый слой с большим количеством органических остатков и часто сильно прокрашенный в буро-черный цвет с довольно ясно выраженным комковатым строением; под ним красновато-серый мощный горизонт, иногда до 1 м глубиной, делювиальных наслоений с разбросанными равномерно во всей его толще конкрециями ортштейна, иногда мягкими мажущимися, иногда просто в виде скоплений красноватой мягкой массы полусцементированной почвы, иногда же в виде плотных, как камень, орешков разной величины; иногда в нижней части склона количество этих ортштейновых скоплений бывает так велико, что они представляют сплошной слой, состоящий из слившихся между собой горошин ортштейна, промежутки между которыми как бы засыпаны почвой делювиальных сносов; эти ортштейновые отдельности состоят из той же почвы делювиальных сносов, склеенной апокренатами окиси железа и алюминия, иногда и извести. В своей нижней части этот горизонт переходит очень постепенно и неравномерно в третий — глеевый горизонт грязно-серого, иногда голубоватого цвета, окрашенного, как бы пятнами, апокренатом

закиси железа, ортштейновые отдельности сохраняются более или менее лишь в его верхней — переходной части, и то представляются как бы размокшими и рассасываются, расплываются в окружающей почвенной массе, уже утратившей признаки микроструктуры, и сохраняют свой буро-красный цвет только в центральной части, переходя на периферии в серо-голубоватый оттенок всего слоя; часто этот горизонт является водоносным и совершенно постепенно переходит в материнскую породу, верхние горизонты которой также окрашены в серый цвет закисной железной солью апокреновой кислоты и закисью железа.

На этой нижней трети склона первые стадии дернового процесса, до плотнокустового периода включительно, держатся очень долго вследствие обильного притока минеральной пищи, несомой сверху грунтовой водой, и окончательное заболотевание наступает обыкновенно вследствие надвигания болота из долины, с которой граничит склон.

Входя в область долины, мы можем встретиться с троякого рода характером тальвега ее. Во всех случаях по тальвегу долины стекают воды, собирающиеся со склонов окружающей ее местности, и это стекание может происходить либо в виде временного потока во время весеннего таяния снега и летних ливней, и в остальное время тальвег долины не имеет признаков постоянного русла, или, в случае значительного развития долины в длину и особенно в случае значительных лесных пространств по водоразделам, мы можем встретить более или менее значительную речку или ручей, текущий в постоянном русле, разработанном в большей частью заболоченных берегах, или же ток воды по тальвегу долины хотя и происходит круглый год, но он идет в виде медленной струи по толще торфяного болота, заполняющего дно долины.

Во всех этих случаях, однако, минеральная почва долины носит несколько общих признаков. Она бывает сложена из тонко отмученных делювиальных сносов со склонов всего бас-

сейна долины. Эти делювиальные сносы отличаются большей частью ясной слоистостью, причем отдельные слои никогда не отличаются значительной разницей в механическом составе; они всегда представляют или настоящие делювиальные глины, или же, при более значительном уклоне дна долины, представляют тощие пылеватые глины; в последнем случае эти отложения характеризуются, кроме горизонтальной слоистости, еще и наклонностью давать вертикальные трещины, и в результате этих двух свойств они при высыхании часто распадаются на крупные граненые отдельности, образуя характерное ореховатое сложение, особенно резко заметное в тех случаях, когда толщи этих глин прорезываются речкой. Эти делювиальные глины никогда не обладают тем мелкозернистым сложением, которое является характерной микроструктурой делювиальных суглинков склонов.

В зависимости от прикрывающей их растительной формации, эти делювиальные глины приобретают различные новые признаки.

Если они покрыты луговой растительностью, то последняя почти всегда встречается в стадии господства плотнокустовых злаков.

Обильный приток грунтовой воды, притекающей со склонов, и медленное движение ее в плотной бесструктурной массе этих глин создает настолько неблагоприятные условия для развития корневищевых и рыхлокустовых злаков, что первые почти никогда не встречаются на ней, а из вторых поселяются лишь немногие и то большей частью в случае пылеватых глин.

Тот же обильный приток минеральных веществ обусловливает чрезвычайную длительность периода существования плотнокустовых злаков, и под длительным влиянием этой растительной формации поверхностный горизонт этих почв приобретает наиболее ярко выраженные типичные свои свойства.

Он бывает окрашен на значительную глубину в темнобурый, иногда почти черный цвет, содержит часто огромное количество

органических остатков и обладает совершенным комковатым строением; рыхлость залегания комков часто бывает очень значительной и поддерживается огромным количеством червей, личинок насекомых и охотящимися за ними кротами.

Подзолистого горизонта на этих почвах большей частью незаметно; даже в случае длительного занятия таких почв лесом подзолистый горизонт развивается на чрезвычайно малую глубину, вследствие трудной проницаемости этих глин для воды и обильного притока грунтовой воды, сильно задерживающей проникновение в глубину атмосферной воды. И, как только лес уступает место травянистой растительности, так очень скоро бурно протекающий дерновый процесс совершенно замаскировывает всякие следы подзолообразовательного процесса, ему предшествовавшего.

Ортштейновый горизонт в этих почвах никогда не образуется в форме резко дифференцированного плотного каменистого слоя или в форме рассеянных плотных горошин. Притекающие по склону грунтовые воды освобождаются от несомых ими кренатов при замедлении их тока в нижней трети склона, а кренаты, образующиеся в этих глинах во время существования на них леса, вследствие чрезвычайной медленности движения в них воды, не могут питать как бы то ни было сконцентрированных фокусов, а выделяют содержащиеся в них кренаты в виде апокренатов в форме рассеянной массы, равномерно пропитывающей всю толщу глины в той ее области, где грунтовая вода еще содержит креновокислые соли.

Поэтому ортштейновый, или, вернее, апокреновый, горизонт проявляется здесь в виде иногда очень интенсивной краснобурой окраски горизонта, непосредственно подстилающего верхний темноокрашенный структурный горизонт, и только в случае пылеватых глин с ясным ореховатым сложением замечается скопление апокренатов железа, а иногда и извести в трещинах, отделяющих друг от друга ореховатые отдельности там, где ток воды, несущий соли креновой кислоты, является более

выраженным; отложения апокренатов здесь имеют характер примазок, потоков и тонких мраморовидных прожилок.

В более глубоких слоях, там, где грунтовая вода уже появляется в виде постоянного горизонта, этот красно-бурый оттенок делювиальных глин постепенно переходит в синевато-серый вследствие перехода апокренатов окиси железа в апокренаты закиси железа, и вышеописанные примазки, прослойки и прожилки по той же причине окрашены в голубой, серо-синий и даже черный цвет.

Наконец, обыкновенно на значительной глубине этот серый глеевый слой постепенно переходит в материнскую породу.

В том случае, когда долина занята болотом, морфологическая картина почвенных образований несколько изменяется.

Уже в верхнем горизонте минеральной почвы бурый оттенок, зависящий от присутствия апокренатов окиси железа, исчезает, и этот горизонт окрашен обыкновенно в интенсивно черный или стально-серый цвет, вследствие перехода апокреновой соли окиси железа в такую же соль закиси железа.

Ясное комковатое строение этого горизонта также исчезает и становится заметным только при высыхании почвы, когда она легче раскалывается по граням бывших комков, давая характерный как бы рябой излом.

Буро-красный горизонт скопления апокренатов в этом случае также отсутствует, он весь обращен благодаря восстановлению окисной железно-апокреновой соли в закисную соль — в горизонт глеевый, который незаметно сливается с вышележащим черным горизонтом.

Оба эти горизонта всегда бывают пропитаны грунтовой водой, медленно, но беспрерывно просачивающейся из вышезалегающего торфяного горизонта и стекающей по уклону пласта делювиальных глин, соответствующему общему уклону долины.

Этот постоянный ток воды в слое делювиальных глин, перекрытых болотом, влечет за собой чрезвычайно важные

последствия. Апокренат закиси железа отличается значительной растворимостью в воде, и, благодаря постоянному току воды по направлению падения пласта глины, последняя промывается и может совершенно лишиться содержания железных солей, образуя залежи фаянсовой глины, иногда очень высокого качества.

Что касается горизонта торфяного, залегающего выше минеральной почвы, то он бывает большей частью сложен из грубозернистого лугового торфа, богатого зольными составными частями и глинистыми частицами делювиальных сносов со склонов.

Вследствие притока грунтовой воды, богатой минеральной пищей, со склонов и постоянного нанесения тонкого делювия со склонов дождевыми и снеговыми водами, болото, развивающееся в долинах, длительно сохраняется в фазе травяного болота и медленно вползает на склоны долины.

Только в случае широкой долины, когда ток грунтовой воды, равно как и поверхностных вод, стекающих со склонов, вследствие медленности передвижения воды в торфяной массе не достигает середины болота, что наступает только тогда, когда под влиянием роста торфяной массы, уровень дна долины в ее поперечном сечении станет горизонтальным, только в этом случае в средней части болота, питаемой только атмосферной водой, могут наступить условия обеднения почвы удобоусвояемой минеральной пищей; и тогда отсюда — из средней полосы болота начинается развитие мхов, и раз начавши расти, моховое болото, прогрессивно ускоряя темп, будет все больше и больше надвигаться на травяное болото и, завоевав его территорию, медленно, но верно поползет и вверх по склонам долины.

Это явление объясняется огромной влагоемкостью мохового торфа, поглощающего огромные массы воды, которые, медленно стекая по его толще с его всегда выпуклой вершины к краям и проникая в окружающее моховое болото кольцо травяного

болота, промывают почву этого кольца травяного болота, и так как вода, вытекающая из мохового болота, совсем не содержит минеральных веществ, а лишь небольшое количество органической, так называемой торфяной кислоты, придающей этой воде золотисто-желтый цвет, то промывка такой водой равносильна лишению пищи растительности травяного болота, которая и погибает в неравной борьбе, уступая территорию наступающему мху.

Почвы только что описанной категории встречаются на территории полей орошения в районе только верхних полей, занимая склоны долин ручья Лесного и Среднего, речки Плинтовки и долины Гурьевского болота, причем на всех этих долинах, кроме долины ручья Лесного, в значительной степени развиты травяные болота. Болота по речке Плинтовке и ручью Среднему взбираются по склону и в своих верховьях сливаются в одно общее болото, оставляя свободной только самую переднюю часть частного водораздела этих речек, выдающуюся на границе поймы в виде небольшого холма.

Склоны этих долин были заняты пашнями и выгонами.

Что касается пригодности этих почв для целей обезвреживания сточной жидкости, то они, кроме делювиальных глин долин, которые по своему механическому составу и благодаря бесструктурности нижних слоев совсем не пригодны для целей создания условий аэробного разложения органического вещества сточной жидкости, и низовых травяных и верховых моховых болот, представляются лучшими почвами для целей обезвреживания. Представляя или элювий в верхних частях склонов, или рыхлые слои делювия с чрезвычайно прочной микроструктурой, цементом которой является кремневая и титано-кремневая кислота, не склонные к быстрому заболачиванию, эти почвы способны принять и обезвредить слой сточной жидкости не менее 0,05 сажени через каждые 4—5 дней, давая при этом безупречные результаты в смысле очистки: движение жидкости в них совершается равномерно и не быстро,

и биологические процессы обезвреживания находят вполне достаточное время для своего совершения.

В настоящее время естественное чередование горизонтов этих почв совершенно нарушено планировкой, после которой серые делювиальные суглинки склонов вместе с мелкими песками, вздутыми на склоны террасы реки, о которых речь будет дальше, составляют верхний покров верхних полей орошения и совершенно закрыли и болото, и делювиальные глины долин.

Переходным звеном от почвенных образований внепойменных элементов рельефа к почвенным образованиям поймы являются пески, часто сплошными непрерывными полосами одевающими неподмываемые террасы рек, спускающиеся отсюда под поверхностные почвенные покровы поймы, покрывающие полосой притеррасную часть поймы и иногда развеваемые широкими поясами внутрь внепойменных пространств.

Происхождение этих песков может быть различное: или они являются результатом переработки материала, слагающего террасу реки, водою реки, уносящей глинистые и другие мелкие элементы, и последующего развевания остающегося песчаного материала бризами и ветрами, господствующими в долине реки; или они могут происходить из современных дюнных наносов реки, развеваемых ветрами, дующими по направлению долины реки, и вздуваемых на неподмываемую рекой террасу при поворотах речной долины, или они могут являться результатом развевания элювия, остающегося на верхней части террасы после делювиального споса с нее более мелких частиц; и, наконец, в образовании их принимает участие и развевание свежих делювиальных сносов. Но часто мы встречаем все эти причины действующими одновременно.

В силу такого разнообразия геологических элементов их происхождения эти припойменные пески по своему механическому составу, резко отличаются от песков данных приречных образований пестротой своего механического состава, который

в приречных дюнах отличается значительной выравненностью как в направлении горизонтального распространения, так и в смысле вертикального.

Пестрота механического состава сказывается, главным образом, в смысле иногда значительного содержания мелких пылеватых и глинистых элементов, происходящих в результате развевания свежих делювиальных сносов. В свою очередь, эти мелкие элементы дают основание для развития уже вторичных явлений делювия на месте отложения песков. Пески, отлагаемые перевевающими их ветрами, получают характерную для местных эоловых отложений бугристую поверхность, состоящую из косовидных бугров с закругленными контурами и полулунных или циркообразных замкнутых или связанных между собою четкообразно долин или котловин.

Благодаря присутствию тонких механических элементов в материале, слагающем эти холмы или бугры, процессы делювиального сноса с их вершин развиты очень сильно и в результате их дно котловин и долин между холмами бывает покрыто более или менее тонкими прослойками делювиальных и пылеватых глин.

При дальнейшем ходе развития этих бугристых или всхолмленных песков места прежних долин засыпаются новыми песками или старыми, перевеваемыми, и в результате получается чрезвычайная пестрота наслоений различного механического состава — от чистого выравненного мелкого песка до тяжелой делювиальной глины, причем слои разного механического состава чрезвычайно быстро выклиниваются, никогда почти не отличаются горизонтальностью распространения на большом протяжении и никогда не отличаются согласованностью напластования.

Кроме вышеописанных глинистых прослоек, эти пески характеризуются также существованием и других глинистых прослоек, отличающихся от первых своим широким пространственным распространением, согласованностью наслоения и

почти горизонтальностью или слабым падением по направлению к долине; по своему механическому составу они также резко отличаются от первых прослоек: они не состоят из отмученной делювиальной глины, а представляют глинистые пески, в которых более крупные элементы — мелкий песок и песчаная крупная и средняя пыль — по своим взаимным количественным отношениям довольно близко отвечают тем же соотношениям этих элементов в слоях, непосредственно подстилающих и прикрывающих эти глинистые прослойки.

Геологический генезис этих прослоек довольно ясен. В то время, когда эти бугристые пески не покрыты лесом, на них растет чрезвычайно скудная травянистая растительность, остатки которой подвергаются чрезвычайно быстрой минерализации, благодаря господству в таких песках аэробного процесса.

Минеральные соли — продукты минерализации чрезвычайно быстро вымываются из этих песков и в них в дальнейшем, вплоть до следующего осеннего периода отмирания органического вещества, уже устанавливается циркуляция дождевой и снеговой воды, почти не содержащей растворенных солей.

Движение воды в этих песках происходит с значительной энергией, и процессы иллювиальные — процессы вмывания или механического увлечения взмученных частиц в них играют выдающуюся роль. В воде, лишенной растворенных солей, глинистые элементы песков легко взмучиваются, образуя суспенсию, и уносятся вместе с водой в нижние горизонты. Но здесь нисходящий ток грунтовой воды встречает другой ток, движущийся по уклону материнской породы от самого водораздела, ток воды, богатый растворенными солями и содержащий в растворе ульминовую кислоту, вымываемую из болотистых образований водоразделов, склонов и долин внепойменной части рельефа.

В такой среде глинистые элементы теряют свою способность образовывать суспенсию, свертываются в хлопья и задерживаются в этом горизонте благодаря медленности тока жидкости

и образуют описанные выше прослойки глинистого песка. Эта способность таких песков к образованию иллювия глины под покровом травянистой растительности была проверена с ежегодным положительным результатом в течение восьмилетнего лизиметрического опыта; и таким же продолжительным опытом было установлено и полное отсутствие вымывания глины из тех же песков в случае их нахождения под пологом лесной растительности.

Таких глинистопесчаных прослоек в толщах притеррасных песков часто наблюдается несколько параллельных, свидетельствующих о колебаниях высоты грунтовых вод.

Притеррасные пески часто бывают заняты лесами, преимущественно сосновыми; в случае же отсутствия леса их покрывает тощая луговая растительность. В подмосковных крестьянских хозяйствах эти пески играют роль лучших картофельных почв, при условии, однако, ежегодного навозного удобрения, которое в них сгорает совершенно уже к половине лета.

Дерновый горизонт в этих песках бывает едва заметен — в них почти безраздельно господствует аэробный процесс и органическое вещество сгорает бесследно, а образующиеся соли чрезвычайно быстро выщелачиваются.

Только в понижениях между всхолмлениями этих песков на покрывающих дно этих долин и котловин делювиальных глинистых сносах возможно образование дернового слоя, и появляются плотнокустовые злаки — типец и щучка, на возвышенных же частях господствуют чахлый пырей, чаполоть, полевица, тысячелистник, пижма и полынки.

После появления плотнокустовых злаков, вследствие значительной бедности этих песков, быстро появляются мхи, и в котловинах начинает быстро развиваться моховое болото, которое постепенно вползает на склоны всхолмлений и может занять обширные пространства.

Но часто начавшее образовываться моховое болото заневается песком и на нем дальше продолжает расти холм песка;

в таких случаях мы наблюдаем под толщей песка спрессованную его тяжестью массу сухого торфа, имеющую большей частью форму огромной чечевицы.

Под дерновым горизонтом большей частью наблюдается слабо выраженный подзолистый горизонт более или менее мощный, но никогда не изобилующий аморфной кремневой кислотой, так как первоначальный материал содержит обыкновенно небольшое лишь количество глины — источника аморфной кислоты при процессе оподзоливания; ортштейновый горизонт никогда не бывает выражен в виде резкой прослойки или в виде отдельных ясно дифференцированных зерен, а всегда в виде красно-бурой окраски горизонта, подстилающего оподзоленный горизонт, зависящей от того, что все песчинки его облечены корочками апокрената железа или окиси железа, в которую, вследствие окисления апокреновой кислоты, легко в этих аэробных условиях переходит апокренат железа. Анаэробные условия, необходимые для перехода кренатa железа в апокренат, в этих песках бывают выражены слишком мимолетно и не создают необходимых условий для концентрации ортштейнового слоя.

Часто на разрезе приходится наблюдать несколько горизонтов, как дерновых, так и оподзоленных, что находится в полном согласии с легкостью перевевания этих песков, погребающих уже образовавшиеся почвенные горизонты.

В случае существования иллювиальных глинистых прослоек, о которых мы говорили раньше, опускающаяся в толще песка вода задерживается в них, благодаря их значительной влагоемкости, и в них создаются необходимые для отложения апокренатов длительные анаэробные условия и замедление тока воды; и тогда мы видим, что самый верхний из этих глинистых слоев бывает сцементирован ортштейновыми отложениями иногда до такой степени, что его можно пройти только при помощи лома, и отдельные куски его при ударе издают металлический звук.

Под заболоченными впадинами песков этот слой глинистого ортштейна приобретает синевато-серый оттенок вследствие образования апокрената закиси железа и менее определенные границы вследствие большей растворимости этой соли. Тот же синевато-серый цвет принимает и вся масса песка как под заболоченными впадинами, так и на границе этих песков и коренной материнской породы, служащей здесь ложем, по которому стекают в долину поймы грунтовые воды с внепойменных элементов рельефа.

Этот ток грунтовой воды часто выходит на поверхность у нижних частей контура террасы, образуя здесь ключи или просто создавая условия избыточного увлажнения притеррасных поверхностных образований поймы. Здесь же серый восстановленный горизонт притеррасных песков спускается вниз по закругленному контуру террасы и постепенно переходит с поверхности в притеррасные делювиальные сносы и притеррасные дюнные всхолмления поймы, частью же уходит под поверхностные покровы поймы и незаметно сливается с нижними аллювиальными песками, подстилающими все образования поймы.

По этому серому горизонту песка вливается и главная масса грунтовой воды в область поймы, под которой нижние аллювиальные пески проводят эту воду до самой реки.

Иногда в этой области притеррасных песков наблюдается явление пучливых песков, или «пучин», состоящее в том, что каждой весной, вскоре после таяния снега, некоторые из песчаных холмов заметно увеличиваются в своих размерах — растут, хотя, вследствие влажности окружающей почвы, ни о каких явлениях навевания речи быть не может.

Особенно бросается в глаза это явление после планировки таких холмов, которые через два-три года вновь вырастают, достигая $2—2^1/_2$-саженной высоты по сравнению с окружающей планированной местностью.

Характерным сопутствующим явлением представляется

то, что почва у основания такой куполообразной «пучины» каждую весну покрывается слоем серовато-белого аморфного порошка толщиною в 1—2 см и ближайшие к такой пучине котловины, очень долгое время сохраняя влажность, отличаются упорно малой урожайностью, не поддающейся влиянию никаких удобрений, и покрываются обыкновенно густой зарослью красного щавелька (Rumex acetosella) и ситников. Кроме того, это явление происходит только тогда, когда водораздельное плато данной местности хорошо развито в пространственном отношении и покрыто, равно как и верхние трети склонов, обширными массивами леса.

Исследование показывает, что в этом случае притеррасные пески залегают на моренной валунной глине, верхняя граница которой представляет волнистую поверхность с замкнутыми котловинами. Повышенные части рельефа валунной глины на границе с покрывающими их песками покрыты почти сплошным слоем грубого щебня и валунов, несущих на себе ясные следы ветровой коррозии, которая совершенно отсутствует у валунов, лежащих непосредственно ниже этого слоя щебня в толще глины. Эти слои щебня на возвышениях валунной глины представляют, несомненно, элювий валунной глины, мелкие частицы которой снесены делювиальными потоками, а более крупные песчаные развеяны ветрами, о чем свидетельствует резко выраженная ветровая коррозия оставшихся на месте щебня и валунов.

Делювиальные сносы находятся также в непосредственной близости, покрывая мощным слоем делювиальных глин, со всеми их признаками, описанными выше, все углубления поверхности валунных глин.

Поверхность углублений, заполненных сносами делювиальных глин, всегда ясно окрашена органическим веществом и на ней лежит спрессованный тонкий слой торфа, в котором можно даже отличить отдельные кочки пушицы — это погребенное травяное болото, завеянное сверху мелким песком и пылью

притеррасных песков, толщей которых, в среднем слоем около $1^1/_2$ м, перекрывается поверхность моренной глины.

Пучливые холмы, или «пучины», всегда расположены над такой ясно выраженной впадиной, покрытой делювиальными глинами, и глубина впадины около $1—1^1/_2$ м по сравнению с покрытыми щебнем вершинами возвышений валунной глины, при нескольких десятках сажен в поперечнике.

По своему механическому составу пески пучин отличаются резко выраженным преобладанием крупной и песчаной пыли и чрезвычайно сильно выраженными поэтому волосными свойствами.

В сложении толщи этих песков замечаются резко выраженные особенности; на глубине от 75—85 см в них дифференцировался плотный слой глинистого твердого, как камень, красного ортштейна в 8—10 см толщиною; иногда таких слоев встречается несколько, но обыкновенно лишь один выражен очень резко. Этот слой ортштейна залегает сплошь под всей толщей песка, прерываясь только над углублениями в поверхности валунной глины и под возвышающимися над теми же углублениями пучинами.

Равномерно окрашенный всюду выше ортштейнового слоя в красно-желтый цвет пылеватый песок над этими окнами ортштейнового слоя приобретает иную, сероватую окраску, подобно окраске песка, лежащего ниже ортштейнового слоя.

Кроме того, во всей толще песка холма над окном ортштейнового слоя ясно выступает бесчисленное множество белесоватых жилок в виде изогнутых полосок в 1—2 мм толщиной, обращенных выпуклой стороной вверх и образующих как бы брызги широкого фонтана, бьющего из окна ортштейнового слоя.

После обсыхания разреза мелкий песок с него осыпается, и остаются выдающимися только эти жилки песка, сцементированного кремневой кислотой и титановой кислотой.

Серовато-белый порошок, выцветающий у подножия и в

нижней трети склона пучины, состоит исключительно из аморфной кремневой и титановой кислот.

Почва заболоченного кольца вокруг пучины, покрытая почти сплошным красным щавельком и ситниками, представляет также многие особенности.

Прежде всего дерновый слой, отличающийся светлосерой окраской в местах, удаленных от пучины, в этом кольце окрашен в интенсивно черный цвет; подстилающий его песок так же, как и резко выраженный ортштейновый слой, в этом кольце также окрашены в сероватый цвет, и все эти слои отличаются полным отсутствием структурных особенностей и все горизонты залегают совершенно однородной плотной раздельнозернистой массой.

После высыхания оба горизонта, лежащие в этом кольце выше слоя ортштейна, приобретают ясный красно-бурый оттенок, заметный даже в верхнем черном горизонте, и, в отличие от окружающей почвы, которая в сухом виде рассыпается очень легко, приобретают такую значительную твердость, что выдерживают, не рассыпаясь, даже довольно сильные удары геологического молотка. Исследование показывает, что цементом, склеивающим частицы этой почвы, являются апокренат железа, кремневая и титановая кислоты.

Исследование грунтовой воды, взятой ранней весной из почвы ниже ортштейнового горизонта в лесу, растущем в верхней трети того же склона, в нижней трети которого находились «пучины», и из полевой почвы выше ортштейнового горизонта на половине того же склона, показало очень значительное содержание кремневой и титановой кислот в первой, по сравнению с незначительным их содержанием во второй.

Сопоставляя вышеизложенные данные, касающиеся пучин, мы найдем следующее. Весной огромная масса грунтовой воды устремляется из обширного лесного массива, лежащего в верхней трети склона, и уносит с собой растворенные кремневую и титановую кислоты, протекая широкой струей сначала в элю-

вии валунной глины, а ниже, вступая в область притеррасных песков, в нижнем горизонте этих песков. На своем пути она наполняет котловины валунной глины, в которых и застаивается; когда в начале лета ток грунтовой воды иссякнет, только эти котловины окажутся заполненными водой, и так как дно их покрыто непроницаемой делювиальной глиной, то вода из них начнет подниматься быстрым капиллярным током вверх, вынося с собой растворенные в ней вещества и заставляя пропитанный водой песок выпучиваться в виде холма и пропитывая кольцом окружающую почву.

Этот же длительный восходящий ток капиллярной воды мешает образованию над углублением в валунной глине ортштейнового слоя, который беспрепятственно образуется в иллювиальном глинистом слое в других частях тех же песков, благодаря тому, что над углублением в валунной глине господствующий восходящий ток воды парализует нисходящий и, принося постоянно жидкость с кислой реакцией, исключает возможность иллювиального процесса, удерживая глину в свернутом состоянии.

При высыхании капиллярно поднятой жидкости на краях холма и в кольце вокруг него, куда она должна направляться под действием нисходящего тока атмосферных вод, выпадающих на поверхность холма — пучины, прежде всего выпадает аморфная кремневая и титановая кислоты, очень чувствительные к изменениям концентрации раствора и влиянию других факторов, вызывающих выпадение этих кислот из растворов, а затем уже выпадут в форме апокренатов соли креновой кислоты в зоне почвы, окружающей холм, ибо здесь устанавливается длительное господство анаэробного процесса вследствие притока воды.

В случае образования подобной пучины в лесу как самый холм, так и окружающее его кольцо заболоченной почвы совершенно лишено лесной растительности или же покрыто исключительно редкими суховершинными, корявыми и больными

осинами несмотря на то, что кругом пучины процветает прекрасный дубовый, березовый и еловый лес.

Влияние капиллярного тока воды на выпучивание песка было проверено у меня в лаборатории прямым опытом с положительным результатом.*

Описанные притеррасные пески пользуются довольно значительным распространением на территории полей орошения.

Начиная от юго-восточного угла полей, где они граничат с начинающейся обрывом под деревней Чагиной подмываемой террасой реки, эти притеррасные пески следуют по всему краю поймы, составляя пологий склон неподмываемой террасы и, взбираясь на нижнюю треть склонов, составляют главную площадь почвы верхних полей орошения и краевых участков нижних полей.

По своей пригодности для целей обезвреживания эти притеррасные пески делятся на две группы: первую с преобладанием песчаных механических элементов, которая и представлена наибольшей площадью на полях орошения, и вторую с преобладанием пылеватых элементов. В первых водный режим отличается большей порывистостью: вода, напущенная сверху, быстро устремляется вниз по широким некапиллярным промежуткам и в случае больших напусков может неполно обезвреживаться, вследствие быстроты тока. Такие почвы требуют, как безусловно необходимой эксплоатационной меры, небольших напусков слоем 0,02—0,03 [сажени], но эти напуски могут повторяться очень часто — через день, так как вода быстро их оставляет и вентиляция таких почв идет очень энергично. Другая мера, которую требуют эти почвы, это частая сеть глубоко заложенного дренажа, ибо в противном случае вода может проникать в область ниже дренажа и при неосторожности орошения может причинить загрязнение грун-

---

* А. Н. Костяков. «Имение Батьки». Известия Московского сельскохозяйственного института 1912 г.

товых вод органическими веществами. Вторая группа — пылеватые пески обладают всеми достоинствами почв первой группы в смысле их пригодности для обезвреживания сточной жидкости, но порывистость водного режима первых умеряется во второй группе ясно выраженными волосными их свойствами, обусловленными примесью значительных количеств пылеватых элементов, и поэтому необходимость частого дренажа в них не так резко выражена и орошение их может производиться беспрепятственно слоем до 0,05 сажени через каждые 3—4 дня.

Описанными почвенными образованиями исчерпывается разнообразие почвенного покрова внепойменной части территории люблинских полей орошения города Москвы и через посредство своего последнего члена, притеррасных песков, почвы этой внепойменной части рельефа связываются с почвенными образованиями пойменной их части — долины реки Москвы.

III. ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ МОСКВЫ НА ЛЮБЛИНСКИХ ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Прекрасно развитая долина реки Москвы в пределах полей орошения занимает в ширину до двух верст и около пяти верст в длину по течению реки и расположена непосредственно выше крутого поворота реки под деревней Чагиной по левому берегу реки. Под деревней Чагиной при крутом повороте реки пойма ее переходит на правый берег, и от дер. Чагиной начинается подмываемый рекой крутой берег реки обрывом, сложенным сверху из валунных суглинков, а в нижней части из обнажений черной юрской глины аквилонского яруса. Под этим обрывом залегает мощная толща оползня юрской глины, уходящая под наружные почвенные покровы поймы реки и подстилающая их в юго-восточной части долины. Судя по тому, что черная юрская глина выступает в обрывах берега, противоположного полям орошения, и по тому, что на глубине в 2 м

и глубже буровые скважины всегда упираются в слой черной глины, очень напоминающей юрские глины и часто содержащей обломочки, обладающие перламутровым блеском, схожие с наружными покровами аммонитов юрской глины, можно сделать предположение, что и вся долина реки в пределах полей орошения подстилается коренной породой юрской формации. Эта коренная порода почти всюду перекрывается серыми водоносными, иногда валунными, иногда безвалунными песками, переходящими по краю террасы совершенно незаметно в нижние серые горизонты притеррасных песков.

Только в юго-восточном углу, близ обрыва у дер. Чагиной, тянется, выклиниваясь языком к западу и расползаясь во все стороны и также выклиниваясь в этих направлениях, как бы плотина оползней черной юрской глины, перекрывающей коренную породу и подстилающей прямо почвенные образования этой области поймы.

Самая долина в ее современных почвенно-геологических образованиях сложена из всех четырех основных элементов поймы — прибрежных дюнных образований, собственно поймы, притеррасных дюнных образований и притеррасного болота.

Полоса притеррасных дюнных образований по своему генезису совершенно аналогична зоне притеррасных песков внепойменных элементов рельефа и представляет, главным образом, делювиальные сносы со склонов террасы, отвеянные отраженными от склона террасы бризами и ветрами и всхолмленные в прерывистую волнообразную полосу, идущую в общих чертах параллельно склону террасы. Несомненно также, что в их образовании могут принимать участие и развеваемый элювий верхней части склона террасы, и элементы прибрежных дюн, перекатываемые ветрами, дующими вдоль течения реки из суженных пространств поймы, образуемых поворотами русла реки.

Характер механического состава этих притеррасных дюн совершенно тот же, что и материала, слагающего притеррасные

пески; в результате такого механического состава и всхолмленности этой гряды песков делювиальные процессы смыва более мелких отмученных элементов здесь выражены так же ясно, как и в зоне притеррасных песков, и процессы образования заболоченных полулунных и циркообразных пространств выражены так же ясно, как и в притеррасных песках, но несут обыкновенно несколько отличительных признаков, на которых мы остановимся дальше.

Самые притеррасные дюны, изолированные от притока грунтовых вод по уклону внепойменной части рельефа и могущие питаться грунтовой водой только путем капиллярного ее поднятия снизу, находятся в худших условиях увлажнения, и развитие растительности на них стоит в большей зависимости от атмосферных осадков, чем в других почвенных образованиях, приближаясь в этом отношении к условиям неширокиx водоразделов. Поэтому, вследствие господства в них аэробного процесса, обусловливаемого как механическим составом их, так и умеренностью увлажнения, на них обыкновенно длительно господствуют злаки корневищевого и рыхлокустового типа, отличающиеся всегда слабым развитием.

Очень часто эти дюны покрываются лесом, особенно сосновым, и тогда подзолообразовательный процесс образует в них обыкновенно глубокий, но не резко определенный оподзоленный горизонт, вследствие малого содержания в них глины — главного источника аморфной кремневой кислоты при подзолообразовательном процессе. При смене леса луговой растительностью последняя бывает еще более бедной, чем в предыдущем случае.

В случае занятия лесом и заиленных делювием котловин между дюнами мы часто замечаем образование своеобразных болотистых образований. Почва занесенной делювием котловины представляет уже гораздо более ясно выраженные условия капиллярного поднятия воды, чему также сильно способствует и незначительная глубина грунтовой воды в этих пониженных пространствах.

В результате этого здесь ясно выражен восходящий ток воды в почве, поддержанный еще и водой, быстро проникающей через всхолмленные части окружающих дюн. В силу этого процесс выщелачивания креновой кислоты из лесной подстилки бывает ясно выражен только весной во время таяния снега и после сильных ливней; в остальное время перевес остается за восходящим током, мешающим выщелачиванию креновой кислоты. Восходящий ток в сильной мере поддерживается и потому, что корни деревьев в этих углубленных пространствах располагаются очень мелко вследствие близости грунтовой воды. Таким образом, во время таяния снега и после ливней лесная подстилка долгое время остается пропитанной насквозь водой, удалению которой мешает близость грунтовой воды, и так как лесная подстилка может, как было выяснено выше, разлагаться только при посредстве грибов, а грибы представляются ярко выраженными аэробными организмами, то в это время разложение подстилки должно совершенно прекратиться вследствие наступления в ней анаэробных условий. После более или менее продолжительного времени вода, пропитывавшая лесную подстилку, удаляется, и наступают условия аэробиозиса, но в это время, вследствие близости грунтовой воды, нисходящий ток жидкости в почве не может быть ясно выражен, и образующаяся креновая кислота удаляется из подстилки в высшей степени медленно и несовершенно; мало того, из возвышенных более песчаных частей дюн постоянно притекают все новые количества грунтовой воды, которая промыла образующуюся там креновую кислоту, и так как ток воды в песке отличается быстротой и пески содержат мало элементов, могущих усреднить креновую кислоту, то вода, стекающая из толщи дюнных песков, всегда содержит креновую кислоту и отличается поэтому ярко выраженной кислой реакцией. Таким образом, креновая кислота не только не удаляется из лесной подстилки междюнных котловин, но, наоборот, эта подстилка всегда обогащается здесь креновой кислотой.

По этой причине, несмотря на наступление аэробных условий, развитие грибных организмов, для которых вырабатываемая ими же креновая кислота является сильно выраженным токсином, и разложение ими лесной подстилки прекращается, и последняя накопляется, образуя толщи так называемого лесного торфа, на котором развиваются только характерные полукустарники — вереск, багульник и др., давая начало образованию так называемого верещатника, так как их отмершие остатки, как растений деревянистых, содержат также значительные количества дубильных веществ и смол, и в этих условиях также разлагаться не могут.

Пространство поймы, ограниченное с одной стороны склонами террасы с притеррасными внепойменными песками и с с другой стороны — всхолмлениями притеррасных дюн, по-видимому, мало чем отличается от пониженных замкнутых долин обеих вышеназванных прилегающих областей.

Действительно, с точки зрения господствующих геологических элементов почвообразования, эта зона почти от них не отличается, но некоторые особенности притока к этой области грунтовой воды накладывают на чисто биологическую сторону почвообразовательного процесса в ней такие резкие признаки, что заставляют выделить ее в отдельную группу «притеррасных болот».

Минеральная часть почвы этой полосы представляет в верхнем горизонте типичные делювиальные глины, снесенные атмосферными водами с окаймляющих песков; мощность этих отложений варьирует в самых разнообразных пределах и они всегда подстилаются серыми водоносными песками, являющимися связующим звеном между двумя соседними песчаными образованиями.

Ниже этих песков залегает коренная порода.

В зависимости от строения террасы вышеописанные условия напластования минеральной части почвы могут от времени до времени нарушаться овражными выносами из долин, проре-

зывающих террасу и поднимающихся вверх по склону внепойменной части рельефа.

Под влиянием этих выносов вся полоса отложения делювиальных глин, ограниченная террасой и притеррасной дюной, разбивается как бы на отдельные бассейны, замкнутые в том случае, когда конус овражных выносов своим широким концом достигает дюнных всхолмлений.

Условия питания водой этих более или менее замкнутых большей частью вытянутых в длину по линии террасы котловин совершенно определенны.

Дождевые воды и вода делювиальных потоков с окружающих всхолмлений встречают трудно проницаемое для воды дно котловин, сложенное из делювиальных глин; а по уклону эти долины пересыпаны конусами овражных выносов, сильно затрудняющих стекание с них воды или же создающих прямо подпор этой воды.

В частном случае, на территории полей орошения, кроме ряда таких конусов овражных выносов, имеется и еще одно препятствие для стекания воды из пространства между террасой и притеррасной дюной — это обширный конус оползня — обвала черной юрской глины у обрыва под деревней Чагиной. Такие оползни и обвалы представляют довольно обычное явление при поворотах реки и переходе поймы ее с одного берега на другой и могут быть рассматриваемы как частный случай образования конуса овражных выносов; причем этот конус оползней бывает обыкновенно, как и в настоящем случае, сильно развит как в длину и в ширину, так и в вышину, и обыкновенно пересыпает все пространство между террасой и притеррасной дюной и сливается с полосой прибрежных дюн.

Кроме делювиальных потоков воды, в эти же пространства, огражденные притеррасной дюной, вливаются и поверхностные воды, приносимые долинами, прорезывающими террасу. В том случае, если по дну долины не имеется постоянного водотока, а равно тогда, когда там имеется лишь небольшой ручей, воды,

изливаемые такими долинами, попадают так же, как и делювиальные воды, в замкнутые котловины между притеррасной дюной и террасой.

В том же случае, когда по хорошо развитой долине течет уже более или менее значительная речка, она обыкновенно прокладывает себе ложе в своих собственных отложениях, пересыпающих пространство между террасой и притеррасной дюной, перерезает последнюю и далее разрабатывает себе русло в отложениях плоской части поймы и, прорывая полосу прибрежных дюн, изливается в реку. Такой случай имеет место и на территории полей орошения, где мы встречаем такую речку — Плинтовку.

Кроме указанных источников, в область понижения между террасой и притеррасной дюной втекает еще источник воды в форме грунтовой воды, притекающей по уклону водоносного горизонта со склонов внепойменных элементов рельефа и выходящей у подножия террасы в виде ключей, которые всегда в большем или меньшем количестве окаймляют террасу в зависимости от развития бассейна данной области водораздела и покрывающей его растительности.

Если припомнить, что серые пески, подстилающие делювиальные глины этой области поймы, служат водоносным горизонтом для того же, только что упомянутого, тока грунтовой воды, лишь часть которой просачивается из подножия террасы в виде ключей, и если к этому прибавить еще и то, что делювиальные глины, перекрывающие серые водоносные пески, чрезвычайно трудно проницаемы для воды и, наоборот, обладают выраженными волосными свойствами, и что грунтовая вода серых водоносных песков находится под некоторым, иногда значительным, напором, то станет ясно, что вода, притекающая в область между террасой и притеррасной дюной, не может удалиться из нее просачиванием и скорее могут создаться условия поступления в нее грунтовой воды из слоя серого водоносного песчаного горизонта.

Очевидно, что при таких условиях непрерывного избыточного увлажнения в этой области может поселяться только характерная болотная флора в виде тростников, камышей, осок и других растений мелких водных бассейнов, образующих здесь роскошную растительность вследствие обильного притока минеральной пищи с грунтовыми водами, питающими это притеррасное болото.

Ежегодно отмирающая растительность будет падать на дно мелкого водоема и, попадая в условия резко выраженного анаэробиозиса, будет накоплять из года в год слои грубоволокнистого торфа до тех пор, пока котловины, глубина которых определяется высотой конусов овражных выносов, не заполнятся этим торфом, к которому еще постоянно примешивается минеральный материал делювиальных сносов и ветровых наносов, задерживаемых целиком влажной массой торфа.

Делювиальная глина, подстилающая толщу торфа, вследствие залегания ее в условиях анаэробиозиса, принимает синевато-серую окраску, благодаря восстановлению окиси железа и апокрената окиси железа в соответствующие закисные соединения.

Характерной особенностью нижнего горизонта торфа, непосредственно залегающего на делювиальных глинах притеррасных болот, является прежде всего его резко выраженная грубость строения, свидетельствующая о происхождении его из грубостебельных растений мелких водоемов, и очень значительное содержание глинистых и песчаных частиц, поднимающих содержание золы в нем до 60—70% и делающих его совершенно не годным как топливо.

Период развития формации грубостебельных растений мелких водоемов в притеррасном болоте кончается с того момента, когда торф, отлагаемый этой растительностью, заполнит всю котловину и когда вся притекающая в нее вода будет вмещаться в массе торфа и избыток ее будет иметь возможность стечь по теперь уже более или менее ровной поверхности болота.

Тогда на смену прежней растительности является обычная растительность травяных болот: осоки, ситники, кислые злаки, пушица, иногда кочки щучки и притеррасное болото принимает обличие обыкновенного травяного болота, отлагающего обычный все еще грубоволокнистый торф, обогащенный глинистыми и песчаными частицами делювиальных и эоловых наносов.

Но, в отличие от других болотных образований, притеррасное болото никогда не выходит из стадии травяного болота и в этом отношении представляет крайнюю противоположность водораздельных болот, у которых наблюдается лишь одна стадия мохового болота; все остальные болотные образования занимают середину между этими двумя полюсами, и в них могут протекать с различным периодом длительности существования все стадии дернового процесса, а в некоторых обычным стадиям развития болотного процесса предшествуют еще подготовительные процессы: процесс зарастания замкнутых бассейнов в озерных болотах, дающих промежуточную стадию трясинного болота, и процесс образования лесного или верескового торфа, дающий промежуточную стадию лесного болота и верещатника.

Причина того, что притеррасные болота никогда не выходят из стадии травяного болота, заключается в том, что эти болота питаются грунтовой водой, которая промывает всю массу почвенных образований, лежащих выше до самого водораздела, и уносит с собою все то количество минеральных веществ, которое переводится в воднорастворимое состояние и не поглощается на пути следования раствора ни растениями, ни составными элементами почвы. Какой бы тип почвообразовательного процесса или, что в природе встречается чаще, какая бы комбинация типов почвообразовательных процессов ни господствовала на вышележащих внепойменных почвенных образованиях, при всякой из них происходит в той или иной форме полная или частичная минерализация органического вещества, дающая в результате более или менее растворимые

минеральные соли, всегда присутствующие в грунтовой воде.

Наиболее важный для растительности лугового болота вопрос о питании азотом разрешается удовлетворительно тем, что на окаймляющих их песчаных почвах идет ясно выраженный аэробный процесс разложения органических остатков растущей там растительности, при котором образуется значительное количество азотнокислых солей, вымываемых из этих почв, благодаря порывистости их водного режима, прямо в область притеррасного болота. Анализ показывает, что в естественных грунтовых водах полосы притеррасных песков азотнокислые соли являются преобладающей составной частью их плотного остатка, уступая лишь иногда первенство кремнёвой и титановой кислотам. Эти азотнокислые соли и решают вопрос азотистого питания растений притеррасного болота, в котором бобовые растения, усвояющие свободный атмосферный азот, не находят места вследствие господства в нем анаэробного процесса.

Анаэробный процесс в толще торфяной массы поддерживается как наличностью стоячей воды, так и притоком напорной грунтовой воды, лишенной кислорода воздуха, благодаря прохождению ее через аэробные горизонты вышележащих по склонам внепойменных почвенных образований.

Это господство анаэробного процесса не мешает роскошному процветанию флоры притеррасного болота вследствие биологического приспособления этой флоры, позволяющего им легко переводить в окисное состояние притекающие восстановленные питательные вещества и выражающегося в развитой системе воздухоносных трубок, приводящих свободный кислород воздуха к корням этих растений.

Кроме вышеупомянутого признака, отличающего притеррасные болота от всех иных болотных образований, есть еще ряд признаков, не отличающихся, так сказать, обязательностью для притеррасных болот всех климатических зон, но всегда сопутствующих этим образованиям в тех климатических и поч-

венных зонах, в которых лесная растительность принимает участие в современных почвенных образованиях, т. е. в зонах лесо-луговой, лесо-степной и в зоне тропических лесов.

Под влиянием воздействия почвообразовательного процесса, протекающего под пологом леса, материнская порода выщелачивается — оподзоливается, и в числе продуктов выщелачивания мы видели апокренаты извести и железа и фосфорнокислую окись железа, растворяющуюся в кислой жидкости, промывающей породу.

Из названных солей наиболее универсальным спутником этого процесса является фосфорнокислая окись железа, другие же две соли редко являются совмещенными в растворе в равной мере — чаще одна из них играет преобладающую роль, другая — подчиненную. Если процесс оподзоливания протекает на продуктах выветривания известковых горных пород, то преобладающим является апокренат извести, и отлагающиеся ортштейновые образования состоят из подавляющего количества апокрената извести, так как до тех пор, пока в породе, подвергающейся оподзоливанию, присутствует известь, главным образом, она будет служить для нейтрализации креновой кислоты, и окись железа в той же породе будет растворяться лишь случайно и в малом количестве лишь в тех участках, где углекислая известь уже вся удалена и не может оказывать своего предохраняющего действия.

В случае же, когда процесс оподзоливания протекает на породе, происшедшей путем выветривания кристаллических горных пород, богатых содержанием минералов, в состав которых входит железо, как это имеет место в ледниковых отложениях рассматриваемой местности, растворению, за малым содержанием в породе углекислой извести, прежде всего подвергается окись железа, которая в этих породах играет ту же защитную роль по отношению к водной алюмокремневой кислоте — каолину, какую играет углекислая известь по отношению к окиси железа в предыдущей группе пород.

В местности, о которой сейчас идет речь, главная роль в процессе выщелачивания по количественному соотношению принадлежит железу, за ним извести, далее алюминию и, наконец, фосфорной кислоте.

Мы видели, что апокренаты окиси железа, извести и алюминия, а равно и фосфорнокислая окись железа оседают после выщелачивания их в форме кренатов из оподзоливаемого горизонта в ортштейновом горизонте. Но это состояние их далеко не может считаться устойчивым.

Прежде всего известь в форме апокрената отличается сравнительно значительной растворимостью и в форме раствора легко окисляется в углекислую известь, сохраняясь хорошо только в стерильных растворах. Очевидно, что при таких свойствах отлагающийся апокренат извести будет выделяться из раствора не полно, и нисходящий ток жидкости будет беспрерывно уносить часть апокрената извести вплоть до реки, где апокренат извести быстро окисляется в углекислую известь.

Но часть потока грунтовой воды выступает из подошвы террасы в форме ключей; апокренат извести здесь также окисляется в углекислую известь, которая удерживается водой в растворе, благодаря богатому содержанию в ней углекислоты в форме двууглекислой извести.

Вода такого состава втекает в притеррасные болота, и здесь богатая растительность болота жадно отнимает углекислоту, растворяемую в воде. Лишившись угольной кислоты, вода уже не может удержать все количество углекислой извести в растворе, и последняя оседает, главным образом, на зеленых частях растений, лишивших воду растворенной углекислоты, покрывает их плотными корками углекислой извести, образуя характерные туфовидные известняки, отлагающиеся как бы в виде псевдоморфозов по зеленым частям растений.

Та же вода, согреваясь летом в притеррасном болоте, лишается угольной кислоты и также отлагает углекислую известь уже без разбора на всем живом и мертвом содержимом

болота. Наконец, ток подпорной грунтовой воды, поднимающийся во время усиленного летнего испарения воды болотной растительностью, приносит с собой апокренат извести, который вследствие испарения воды отлагается в виде апокрената, так как условия его окисления в углекислую известь недостаточно выражены в анаэробных условиях почвы болота.

Таким образом, отлагаются в притеррасном болоте мергеля отложения, характеризующиеся туфовидным строением с сохранением отпечатков листьев болотной растительности и содержанием наряду с углекислой известью и значительного количества апокрената извести, придающего этим мергелям отложения характерный розово-желтый оттенок.

Такие мергеля отложения были развиты в очень слабой степени и в притеррасном болоте полей орошения в верхней части бассейна речки Плинтовки.

Апокренат окиси железа, отлагающийся в ортштейновом слое подзолистых почв, отличается полной нерастворимостью в воде, но, как мы уже видели, в нижних горизонтах этого слоя идет дальнейшее восстановление его в апокренат закиси железа. Эта последняя соль уже растворима в значительной степени в воде, и грунтовая вода, притекающая в область поймы, всегда содержит значительное количество этой соли в растворе. Проникая в виде раствора в ключевой воде в притеррасное болото, эта соль служит обильным материалом, необходимым для развития особой группы так называемых железобактерий, которые из ее окисления черпают необходимую для их жизни энергию и всегда развиты в притеррасном болоте, как характерная для него растительная формация. Под влиянием жизнедеятельности железобактерий апокренат закиси железа распадается на свободную нерастворимую в воде апокреновую кислоту, на гидрат окиси железа и на окисную железную соль железной кислоты, образующие характерные для притеррасных болот охристые образования то в виде массы охры, то в виде охристых прожилок и гнезд, образующихся

путем отложения новой торфяной массы на отложившихся уже охристых массах. Иногда эти отложения бывают так обильны, что образуют целые залежи охры, иногда же, благодаря попеременному их отложению и зарастанию слоями торфа, поперечный разрез такого болота на поверхностном слое нанапоминает раскраску тигровой шкуры.

Часто отложение охры идет одновременно с отложением извести в притеррасном болоте, и тогда получаются мергеля отложения с характерными яркожелтыми прожилками.

В притеррасном болоте полей орошения наблюдалось совместное отложение и охристых образований и одновременное отложение мергеля отложения вокруг тел зеленых шаровидных и нитчатых водорослей и одновременное отложение опаловых панцырей диатомовых водорослей, использовавших для построения своих панцырей растворимую кремневую кислоту, приносимую той же грунтовой водой; в результате совместной деятельности этих трех групп растений получился чрезвычайно характерный «легкий торф», представлявший светложелтую рыхлую порошковатую массу, сплошь переплетенную розово-желтыми нитями в связные большие отдельности до того легкие, что они свободно плавали, как пробка, на воде.

Повидимому, в процессе образования охры играет роль, подобную железу, и марганец; по крайней мере, он является обычным спутником ортштейновых образований и также часто отлагается вместе с охристыми образованиями в виде окиси марганца и окисной марганцовой соли железной кислоты. Ближайшая роль его в процессе почвообразования мною, однако, еще не прослежена.

Третью нерастворимую соль, отлагающуюся в ортштейновом слое, как постоянный его спутник, представляет фосфорнокислая окись железа, сама по себе крайне трудно растворимая в воде, но довольно заметно растворимая в органических кислотах, не говоря уже о минеральных кислотах.

По мере хода процесса оподзоливания почвы в верхнем

се слое остается все меньшее и меньшее количество соединений, могущих усреднять креновую кислоту, и наступает, наконец, такой момент, когда она начнет проникать и в ортштейновый слой; здесь присутствие свободной креновой кислоты внесет резкое изменение в жизни этого слоя: аэробная бактериальная жизнь, благодаря которой отложился апокреновый слой, в присутствии свободной креновой кислоты замрет, и кислота начнет разрушать ортштейновый горизонт — она выделит из апокренатов железа и извести их основания и растворит фосфорнокислую окись железа.

Первая реакция, вследствие выделения при ней свободной нерастворимой в воде апокреновой кислоты, облекающей и обволакивающей апокренаты нерастворимой и в креновой кислоте оболочкой, идет медленно; вторая же — растворение фосфорнокислой окиси железа — идет более энергично и хотя при дальнейшем пути креновой кислоты она нейтрализуется, входя в соединение с теми же веществами, которые она выщелачивает из верхнего горизонта, происходит передвижение ортштейнового слоя в глубину, рассеивание его и образование слоя свободной апокреновой кислоты на месте бывшего ортштейнового горизонта. Хотя это явление нейтрализации креновой кислоты и происходит, но, повидимому, часть ее увлекается во время обильного притока воды, особенно в песчаных почвах, где вышеназванное явление выщелачивания ортштейнового горизонта выражено в наиболее резкой форме; эта увлеченная током грунтовой воды креновая кислота должна увлечь за собою и часть фосфорнокислой окиси железа, которая вместе с ключевой водой проникает и в притеррасное болото. Здесь креновая кислота быстро нейтрализуется всегда присутствующей в болоте углекислой известью, и фосфорнокислая соль окиси железа выпадает на поверхности болота. В дальнейшем, при отложении новых слоев торфяной массы на поверхности болота, фосфорнокислая окись железа восстановляется в закись, и образуются характерные для притеррасных болот включения

в торфяную их массу вивианита то в виде отдельных сгусточков, то в виде значительных скоплений или рыхлых землистых масс, или масс туфовидного характера, повторяющих характерные отложения мергелей, известь которых послужила для нейтрализации креновой кислоты, растворявшей фосфорнокислую окись железа — это, так сказать, псевдоморфозы вивианита по мергелям отложения. При обнажении в разрезах торфа эти включения вивианита приобретают характерный голубой цвет.

Наконец, те же грунтовые воды приносят с собой сернокислые соли, которые путем реакции обмена с железными солями, всегда присутствующими в притеррасном болоте, дают сернокислые соли железа, восстановляющиеся в марказит, выделение кристаллов которого также характерно для притеррасных болот, и при осушке таких болот присутствующий в них марказит окисляется вновь в сернокислую закись железа.

Все эти включения и образование в притеррасном болоте мергелей отложения, охры, вивианита и марказита являются характерными признаками этих болот и при значительном развитии этих отложений делают торф такого рода почти непригодным для топлива.

Притеррасное болото на люблинских полях орошения развито чрезвычайно хорошо; начинаясь от северной границы его и постепенно расширяясь, оно доходит до крайней границы поймы у обрыва под деревней Чагиной, занимая всего свыше 200 десятин. Причина такого обширного развития притеррасного болота заключается в образовании обширного конуса оползня черной юрской глины под обрывом деревни Чагиной.

Как уже было упомянуто выше, этот оползень, преграждая сток притекающей воды из притеррасного болота, произвел подпор этой воды на значительное пространство по направлению на запад от дер. Чагиной и вызвал этим широкое развитие тех процессов заболотевания, о которых речь была выше.

Вследствие высоты подпора воды оползнем юрской глины притеррасное болото развилось не только в ширину, но также и высоту, достигнув местами мощности свыше 1,25 сажени, и в восточной своей части не только погребло под собой притеррасные дюны, но даже слилось совершенно с Гурьевским болотом и с болотами по долинам речки Плинтовки и ручья Среднего.

Как уже было выяснено в первой главе, торфяная почва совершенно непригодна для цели обезвреживания сточной жидкости, и поэтому всю обширную площадь притеррасного Чагина болота пришлось перекрыть мощным слоем песка.

Противоположная сторона поймы, граничащая с берегом реки, занята обыкновенно прибрежными дюнами, представляющими ветровое всхолмление песка, отлагаемого рекой по берегам ее во время весеннего разлива.

Обладая общими с притеррасными дюнами признаками слоистости и расположения отдельных холмов и котловин между ними и их формы, прибрежные дюны резко отличаются от притеррасных по механическому составу слагающего их песка.

Песок, слагающий прибрежные дюны, так же, как и в притеррасной дюне, отлагается в виде несогласно напластованных слоев, быстро выклинивающихся во все стороны, производя в разрезе впечатление как бы перекрещивающихся пластов. Часто состав песка отдельных пластов сильно варьирует в смысле крупности песчинок, их составляющих, в зависимости от силы ветра, накатывавшего песчинки отдельных пластов, но всегда песок каждого отдельного слоя отличается большой степенью сортировки, большой выравненностью. И песок всех слоев вместе взятых отличается главным своим признаком — он содержит лишь ничтожное количество глинистых и мелкопесчаных элементов, что и понятно, так как он отлагался обильной струей воды, скорость которой является величиной довольно постоянной в течение, по крайней мере, одного дня и которая поэтому производит работу сортировки взмученных

в ней элементов весьма совершенно, унося с собой все элементы, которые способны взмутиться в ней при наличной скорости ее движения.

Понятно, что при таких свойствах песка, слагающего дюнные прибрежные всхолмления, и делювиальные сносы их в замыкаемые холмами котловины не могут отличаться теми же свойствами, как в притеррасной дюнной гряде.

В прибрежных дюнных цирках и полулунных долинах, окаймляющих реки равнин, никогда не отлагается делювиальных глин, а только пылеватые осадки делювия дюнных песков. Исключение из этого правила встречается только в горных реках, отлагающих песок, выветривание которого еще не закончилось и который продолжает выветриваться уже на месте своего отложения, тут уже образуя глинистый материал для образования делювиальных глин.

По той же причине в толще прибрежных дюн никогда не отлагается глинистых прослоек, характерных для притеррасных дюн и внепойменных вздутых притеррасных песков.

В тех случаях, когда котловины, образующиеся между дюнными холмами, лежат ниже уровня воды весеннего разлива и, следовательно, заливаются весной, на дне их отлагаются те же осадки, как и на средней ровной части поймы, образующие или слоистые, или зернистые почвы поймы, о которых речь будет дальше.

Прибрежные дюны могут быть покрыты или лесом, который преимущественно бывает сосновый, или луговой растительностью.

Когда дюнные всхолмления покрыты лесом, образующаяся креновая кислота, почти не встречая на своем пути материала для растворения и своей нейтрализации, проходит через толщи песка, почти совершенно его не изменяя и не откладывая в нем ортштейновых образований, и проникает или прямо в русло реки, или в грунтовые воды, текущие по нижним горизонтам осадков поймы, или же проникает в почвы приле-

гающей к полосе прибрежных дюн плоской части поймы; здесь она уже находит обильный материал для своего воздействия и производит часто очень сильное оподзоливание и отложение мощных ортштейновых образований, которые будут описаны ниже.

В междюнных котловинах прибрежных дюн так же, как и в соответствующей области притеррасных дюн, могут образоваться характерные, уже описанные отложения лесного торфа и верещатников, вследствие тех же причин, как и в зоне притеррасных дюн.

В случае, когда прибрежные дюны не отличаются большой высотой, они могут быть покрыты хорошей луговой растительностью, черпающей минеральную пищу из близкой грунтовой воды.

Вследствие ярко выраженных аэробных условий и обильного притока пищи, приносимой капиллярным током воды из грунтовых вод, такие луга не склонны к заболачиванию, длительно сохраняют формацию корневищевых и рыхлокустовых злаков и, как результат господства здесь аэробных процессов, на этих лугах видное место занимают бобовые растения, представленные здесь изобильным присутствием клеверов, желтой люцерны, лядвенца, сменяемых в междюнных пониженных местах дроком.

В случае значительного развития прибрежных дюн в вышину травянистая флора их принимает иной характер, благодаря трудности волосной подачи воды песком на значительную высоту. Травяной покров таких дюн не бывает сомкнутым, песок продолжает перевеваться очень энергично, и на дюнах развиваются и могут выжить только растения длинно- и глубококорневищевые, как волоснец, песчаный тростник, или же однолетние злаки с коротким периодом жизни, коротконожка песчаная, росичка гладкая, костры однолетние и тому подобные, из которых первые выносят всякое засыпание, благодаря быстрому развитию их могучих корневищ, а вторые успевают

быстро созреть и рассеять свои семена раньше полного погрэбения растений песком.

На люблинских полях орошения дюнные прибрежные образования представлены широкой полосой так называемых прибрежных участков. В естественном состоянии они находились в задернелом виде с нерезко выраженными контурами всхолмлений и углублений; последние заполнены глинистыми отложениями того же характера, как и на ровной, средней части поймы. Два из таких углублений образовали в западной части площади полей мелкие водоемы — озеро Глубокое и озеро Кривое, обладающие характерной для междюнных понижений полулунной формой.

Вследствие господства в почвах, окружающих эти озера, аэробного процесса разложения органического вещества, вода этих озер отличается большим изобилием солей, особенно солей азотной кислоты.

В смысле пригодности для целей обезвреживания сточной жидкости, почвы этого типа нужно отнести к высшему разряду. Водный режим их не отличается порывистостью, и вместе с тем волосные качества их не выражены в слишком резкой форме, поэтому нет опасности попадания в грунтовые воды необезвреженной жидкости, помимо дренажной сети, а резко выраженное господство аэробиозиса обеспечивает в них полноту и быстроту обезвреживания.

Последнюю группу почвенных образований поймы представляют почвы средней части поймы, заключенной между двумя рядами эоловых песчаных всхолмлений — притеррасными и прибрежными дюнами.

Характер почвенных образований в этой области будет зависеть от характера аллювиальных наносов реки, в зависимости от которых могут образоваться или слоистые бесструктурные почвы поймы, или же структурные зернистые почвы поймы.

В свою очередь, первая группа бесструктурных почв поймы распадается на глинистые бесструктурные и на пылеватые

бесструктурные почвы поймы; наконец, возможны почвенные образования попеременно смешанного сложения, состоящие из чередующихся слоев зернистых и слоистых почвенных образований.

Первая группа бесструктурных слоистых почвенных образований поймы отлагается в тех случаях, когда при разливе реки откладываемый ее мутными водами ил состоит или из чистых минеральных осадков, или, в случае присутствия в воде разлива органического вещества во взмученном состоянии, ему для образования слоистых почв поймы должны сопутствовать сравнительно крупнозернистые минеральные элементы; во всяком случае, в осадке должно отлагаться лишь минимальное количество глины. В противном случае, когда вода разлива отлагает равномерную смесь органических остатков и мелкопылеватых с непременным значительным содержанием глинистых частиц, в результате дальнейших процессов, происходящих в этом осадке, образуются зернистые почвы поймы.

Отложения первой группы характерны для рек, берущих свое начало из высокогорных областей в зоне ледников, но могут образоваться и под влиянием рек, берущих свое начало в равнинных местностях, в области водораздельных болот и лесов.

Разлив рек первой категории, питающихся ледниковыми водами, обусловливается ежегодным периодом усиленного таяния снегов и льдов ледниковой зоны, и этот период обыкновенно наступает позднее таяния снегов в равнинной части бассейна реки. Разлив этих рек, причиняемый таянием ледников, обыкновенно приходится на май — начало июня. Материал, который несут мутные воды этих рек, происходит из области преобладания процессов выветривания над процессами биологическими и состоит преимущественно из минеральных веществ, отлагаемых рекой по мере ослабления ее течения сообразно крупности частиц материала. При разливе реки в верхней подгорной области ее течения, она откладывает более

грубые элементы и, выходя в более ровные равнинные области, отлагает на пойме своей и глинистые осадки. Так как таяние ледников и снегов высокогорной области совершается постепеннее таяния снега на равнинах, то темп поднятия воды в реке горной происходит весной не так энергично, и обыкновенно разлив реки происходит лишь в начале ее равнинного течения, сказываясь лишь простым поднятием уровня вод реки в ее нижнем течении.

Подобное же поднятие уровня реки, иногда сопряженное с разливом в верхнем ее течении, происходит под влиянием и летних грозовых горных ливней.

При таких разливах и паводках отлагается преимущественно минеральный материал или песчаного, или глинистого характера.

В этих областях преобладания процессов выветривания вода может уносить с места первичного отложения и материал, выветривание которого ограничилось еще только механическим выветриванием и окончательное химическое изменение которого может происходить уже на месте вторичного отложения речной водой, и таким образом песчаные первичные наносы могут со временем обращаться в глинистые.

Отложенные рекой осадки подсыхают на местах своего отложения и при этом процессе сохраняют слоистость своих напластований.

При дальнейшем развитии растительности на этих осадках деятельность корневой системы сильно влияет, конечно, на сложение этих отложений, но для окончательного уничтожения следов слоистости требуется очень значительное время, между тем как вследствие постоянного роста этих образований в вышину путем новых наслоений действие растительности на эти осадки продолжается недолго; да и действие на них растений в первое время по отложении осадков затрудняется чрезвычайно малой их подготовленностью и, главным образом, отсутствием азота, для накопления которого необходима предварительно деятельность бобовых растений.

Такого рода отложения мы встречаем чрезвычайно сильно развитыми в долинах закавказских рек и рек всего Туркестанского края, где роль растений, подготовляющих почву для злаков, несут солодки и верблюжья колючка.

В случае отложения глинистых минеральных осадков они при высыхании растрескиваются широкими трещинами, разделяющими весь отложившийся слой на отдельные площадки: в дальнейшем эти широкие трещины завеваются обыкновенно дюнным песком, который часто также покрывает более или менее равномерным слоем и весь отложившийся слой глины.

В результате такого явления получается довольно странный, на первый взгляд, разрез таких отложений, состоящий из попеременных слоев то глины, то песка, причем последний широкими полосами — столбиками с резко очерченными краями вертикально пронизывает весь слой глины до следующего песчаного слоя.

Часто в своем нижнем течении река, отлагающая в верхнем течении только что описанные осадки, входит в область бассейна, который уже питается притоками, берущими свое начало в равнине, и здесь начинает отлагать характерные зернистые пойменные отложения; но от времени до времени сильный приток воды к верхней части бассейна ее, вследствие продолжительного ливня, например, производит паводок, влияние которого может отразиться разлитием реки и в ее нижнем течении, и тогда мы наблюдаем резко выраженную бесструктурную прослойку в общей массе поймы; таких прослоек, чередующихся с зернистой массой почвы, может быть значительное количество в разрезе.

Но и в реках, берущих свое начало в равнинных областях из водораздельных болот и лесов, также возможно отложение слоистых бесструктурных почв поймы.

Такого рода отложение в этих реках всегда состоит из песчано-пылеватых или крупнопылеватых минеральных частей в смеси с незначительной примесью органических остатков.

Такие осадки отлагаются из воды, которая в области поймы сохраняет еще довольно значительную скорость движения, что обыкновенно бывает в тех случаях, когда уровень поймы значительно превышает уровень межени, т. е. или когда река прорывает себе глубокое русло, или когда пойменные образования приобретают очень мощное развитие, и когда при этом река обладает очень обширным бассейном.

В этих случаях вода разлива в реке имеет очень большую скорость, и эта скорость сохраняется водой и на пойме, куда, следовательно, заносится менее тонко сортированный материал, из которого глинистые элементы уносятся сохранившимся еще течением дальше вниз по течению реки, а на высокой пойме отлагаются лишь пылеватые элементы. Подобное же явление наблюдается и в том случае, когда пойма реки расширяется после крутого поворота ее, и вода разлива сохраняет на пойме направление, полученное ею в предшествовавшем крутом изгибе реки.

В этих случаях на ровной части поймы отлагается слой почти исключительно минеральной пыли, покрывающей ровным слоем растительность, развивавшуюся в предшествующем году; в силу того, что слои пылеватых осадков отличаются большой влагоемкостью и, следовательно, могут создавать условия анаэробиозиса, все новые молодые побеги злаков образуются уже в поверхности этого нового слоя, а побеги, заложенные еще в прошлом году, быстро прободают его и таким образом вся растительность переселяется в этот новый слой. Остатки же старой растительности, отжившей в прошлом году осенью и погребенные плотным пылеватым осадком, не встречая достаточно ярко выраженных условий аэробиозиса, задерживаются в своем разложении, сохраняясь в значительной мере до будущего года. Когда отлагающийся новый слой пылеватых осадков погребает новое поколение отжившего органического вещества на поверхности прошлогоднего слоя минерального осадка, и этот еще более ухудшит условия разложения, так

как весь кислород, проникающий в почву, будет задерживаться новым слоем органических остатков при их разложении.

Под влиянием этих процессов, повторяющихся из года в год, образуется в высшей степени характерный в разрезе вид почвы такой поймы, состоящей из перемежающихся извилистых почти параллельных слоев беловато-желтого песка и коричнево-бурых слоев сохраняющихся десятки лет органических остатков.

По характеру растительности такие луга в общем довольно близки к лугам прибрежных дюн, но в них не замечается обыкновенно таких изобилий бобовых растений; преобладание анаэробных процессов в слоях, непосредственно следующих за поверхностным, препятствует развитию этих растений, требующих ясно выраженных условий аэробиозиса для развития тех бактерий, путем симбиоза с которыми бобовые добывают свое азотистое питание.

Несмотря, однако, на то, что в нижних слоях почвы слоистой поймы господствует анаэробный процесс, о чем свидетельствуют органические остатки, десятилетиями сохраняющиеся в таких почвах, луговая растительная формация, покрывающая такие луга, не покидает стадии рыхлокустового периода; того количества раздробленных органических остатков, которое откладывается ежегодно разливом реки и в верхнем горизонте вновь отложенного слоя разлагается под влиянием аэробного процесса, не прерывающегося вследствие высокой волосности этих почв, доставляющих всегда достаточное количество влаги в верхний слой, этого количества достаточно для обеспечения ежегодного урожая.

Слоистые почвы поймы на территории полей орошения совсем не развиты, и вся поверхность поймы между рядами прибрежных и притеррасных дюн здесь покрыта зернистыми пойменными глинами.

Образование зернистых почв поймы имеет место лишь тогда, когда пойма заливается водой, имеющей в пределах поймы

или крайне малое движение, или теряющей свое движение совсем.

Подобное явление чаще всего наблюдается в том случае, когда вода разлива входит в область поймы не по течению реки и из наиболее низкой по течению реки области поймы. Такие случаи очень обыкновенны в извилистых реках равнины России, и такой случай имеет место и в области поймы, занятой полями орошения.

Благодаря извилинам реки, пойма все время кочует по течению реки, переходя то на правый, то на левый ее берег, образуя большей частью грушевидно вытянутые и слегка изогнутые по длинной оси участки, обращенные большей частью своим более острым концом к верхней части течения реки.

При поворотах реки большое количество песчаных отложений сгруживается у верхних концов этих участков поймы, давая здесь более обильный материал для образования дюнных всхолмлений, которые поэтому бывают лучше развиты и в ширину, и в высоту в этих верхних частях участков поймы, как это имеет место и на полях орошения.

Поэтому низкая точка берега реки всегда бывает расположена в нижней по течению части поймы, не только вследствие общего падения уклона местности по направлению течения реки, но особенно ввиду большой высоты дюнных заграждений в верхней части участка поймы.

Таким образом, вода разлива поступает на пойму реки не по течению реки, а против него, и очевидно, раз наполнив пойму, всякое движение воды на ней прекращается.

Кроме того, и самая волна разлива реки всегда идет как бы против течения ее из области нижнего плеса, каждый участок которого имеет более развитый бассейн, чем каждый участок верхнего плеса.

На участке поймы, занятой полями орошения, вступление воды реки в область поймы во время разлива и паводков про-

исходит с самой юго-восточной точки, лежащей близ устья реки Плинтовки.

При таких условиях поступления воды из реки на пойму очевидно, что на пойму вливается вода из самых верхних слоев реки, содержащих лишь самые мелкие элементы, взмученные в речной воде, и после того как область поймы будет заполнена водой, всякое движение ее прекращается до тех пор, пока не начнется спад воды в реке, когда вся вода, бывшая на пойме, медленно и постепенно через то же пространство, через которое она поступила на пойму, опять возвратится в реку.

В течение того времени, когда вода разлива неподвижным слоем стоит на поверхности поймы, все вещества, бывшие в ней взмученными благодаря ее течению в реке, оседают на дно, т. е. на поверхность поймы.

Чтобы отдать себе отчет о составе осадка, отлагающегося на пойме в этих условиях, нужно проследить за происхождением этого осадка. Причиной весеннего подъема воды в реках равнинных местностей, в которых реки берут свое начало в водораздельных болотах и лесах, является таяние снега, накопившегося за зиму. При этом таянии вода частью просто сбегает по поверхности почвы, частью предварительно проникает в почву; причем последнее явление особенно резко выделяется в лесу, где почва вокруг основания ствола деревьев оттаивает задолго до начала таяния снега, благодаря отражению лучистой теплоты от стволов деревьев и теплопроводности ствола и главных корней деревьев. У отдельно стоящих хвойных деревьев, кроме того, замечается всегда более раннее освобождение от снега пространства, на которое проектируется горизонтальная проекция кроны их, и то же пространство почвы оттаивает в то время, когда окружающая местность еще покрыта снегом, вследствие защиты от ночного излучения тепла в пространство.

Вследствие этих причин главная масса снеговой воды проникает в почву в лесах и, промывши накопившиеся за лето кислоты и соли — результаты почвообразовательного про-

цесса, медленно устремляется по уклонам местностей в виде тока грунтовой воды.

Поступление весенней воды в русло реки распадается на два периода. В первый поступает вода снеговая, стекающая по поверхности всего бассейна реки, и обыкновенно ко времени окончания этого первого периода наступает второй период, вызываемый наступлением ближайшего к концу таяния снега барометрического минимума, под влиянием которого огромное количество грунтовой воды устремляется в русло реки, производя часто огромные оползни берегов и склонов террас, из которых сочатся ключи, вода которых в это время имеет наиболее сильно выраженную кислую реакцию, что весьма понятно, так как вновь поступающая вода снеговая вытесняет медленно двигавшуюся или даже стоявшую неподвижно зимнюю влагу, растворившую большое количество солей и кислот в почве.

Этот второй момент поступления в реку грунтовой воды под влиянием весеннего барометрического минимума вызывает вторую волну подъема воды в реке и в редких случаях совпадения этих двух периодов разливы северных и среднерусских рек достигают грандиозных размеров. Существование этого второго периода вполне подтверждается восьмилетними лизиметрическими измерениями, результаты которых я рассчитываю в скором времени опубликовать.

Поверхностные снеговые воды, проносясь по всей поверхности бассейна реки, прежде всего сносят с нее огромную часть накопившихся на поверхности снега органических остатков в форме экскрементов бесчисленных животных, обитающих в бассейне реки, и в форме мелких отмерших частей древесной растительности, накопляющейся также на снегу, а равно уносят с поверхности почвы массу полуразрушенного и измельченного мертвого органического вещества, накопляющегося на поверхности полевой и луговой почвы, и одновременно с этим те же воды сносят с поверхности полевых угодий и со всех размываемых бесчисленных водомоин и оврагов массу минеральных

веществ, преимущественно глинистых и мелких пылеватых; и вся эта масса сносимого материала, составляющего тесную смесь минеральных и органических веществ, несется по руслу реки, где к ней присоединяется масса взмучиваемого и наносимого быстрым течением ила, отлагавшегося на дне реки и в ее заводях во время медленного течения меженной воды. Многочисленные обвалы и оползни берегов в их подмываемой рекой части, разрыхленных летом высыханием породы и зимними морозами, еще более увеличивают количество взмученных минеральных и органических веществ в речной воде.

Удержанию всей массы несомых водой разлива веществ во взмученном состоянии помогает еще и то, что в это время содержание в речной воде солей достигает своего минимума, что понятно, принимая во внимание огромное количество снеговой воды, содержащей в себе лишь небольшие количества угле-аммиачной, азотно-аммиачной солей и аммиачной соли пригорело-гуминовой кислоты, происходящей из дыма огромного количества сжигаемого за зиму топлива; эти же три соли увеличивают способность мелко измельченных веществ оставаться во взмученном состоянии.

Таким образом, вода разлива, проникая в область поймы, вносит в нее огромное количество тонко разделенных, взмученных в ней в тесной смеси органических остатков и минеральных глинистых и тонких пылеватых частиц. Как только вода разлива разольется по пойме и движение ее почти прекратится, вся масса взмученных веществ начинает садиться на дно, покрывая его, или, другими словами, поверхность поймы, равномерным слоем осадка, состоящим из тесной смеси органических остатков и тонко измельченных минеральных веществ Этому оседанию должно способствовать и то, что с наступлением весеннего минимума барометрического давления из откосов террасы выступает огромное количество грунтовой воды, содержащей значительное количество солей и органических кислот, присутствие которых сильно влияет на выпадение

тонких осадков из растворов; как раз в это время откосы террас в области выхождения из них ключей подвергаются усиленному оплыванию несмотря на то, что вода разлива часто не достигает их и не может их подмывать.

Без допущения такого влияния солей, приносимых током грунтовой воды, трудно объяснить то явление, что вода разлива, покидая пойму и образуя при этом иногда довольно быстрое течение, не сносит обратно в реку осевшего осадка даже с гладких, вспаханных, например, поверхностей поймы, что непременно случилось бы, если бы взмученные вещества оседали только в силу тяжести, когда они образуют рыхлый, в высшей степени подвижной осадок, взмучивающийся опять при малейшем колебании жидкости. Кроме того и самое время, требуемое для оседания глин и тонко измельченных органических остатков из слоя воды, не глубже 10 см, содержащей только соли, растворенные в речной воде во время разлива, измеряется месяцами, и тех 1—2 недель, во время которых происходит полное осветление воды разлива на пойме, оказалось бы недостаточно для этой цели.

Обыкновенно поверхность ровной части поймы имеет заметный подъем от середины к полосе притеррасных дюн и к полосе прибрежных дюн, зависящий от того, что с этих возвышений развевается на некоторое пространство тонкий песок, который, прибавляясь к отложениям речной воды, и заставляет их образовать подъем поверхности поймы по направлению к этим образованиям. На пересечении этих двух наклонных поверхностей поймы образуется тальвег, оканчивающийся обыкновенно в месте наибольшего понижения береговых дюн, т. е. близ самой нижней по течению реки части поймы.

По этому тальвегу вода разлива и оставляет окончательно пойму.

После спада воды, под влиянием сильных ветров, дующих беспрепятственно на открытой широкой пойме, начинается энергичное высыхание осадка. Этот осадок, содержащий очень

значительное количество органического вещества и глинистых элементов, отличается способностью чрезвычайно сильно увеличиваться в объеме во влажном состоянии, поглощая в это время до 200—300% своего веса воды, и чрезвычайно сильно уменьшаться в объеме при высыхании, занимая при этом не более третьей части своего объема в сыром состоянии. Вместе с этим передвижение воды в этом осадке происходит крайне медленно. Вследствие этих свойств при высыхании осадок этот растрескивается широкими трещинами, сначала на большие многогранные участки и затем, под влиянием высыхания верхнего слоя их и медленной подачи воды из нижних частей этих пластинок, образуются слои с резкой разницей в содержании воды и, следовательно, с резкой разницей в напряжении молекулярных сил — связности, стремящихся к уменьшению объема верхних более сухих слоев; в результате этих явлений отдельные пластинки, на которые растрескался ил, сначала загибаются с краев, образуя как бы блюдечко, ограниченное с краев прямыми линиями, затем эти блюдечки расслаиваются на бесчисленное количество вогнутых скорлупок, толщиною каждая в 3—4 мм, и, наконец, каждая скорлупка под влиянием дальнейшего высыхания рассыпается на граненые отдельности — зерна около 3—4 мм в диаметре, рассыпанные равномерным слоем по всей пойме; толщина этого слоя колеблется в зависимости от силы разлива от 3—4 мм до 5 и даже до 10 см в отдельных понижениях поймы, где вследствие сползания рыхлого осадка его скопляется больше.

Эта крупа, на которую распадается ил разлива, во влажном состоянии коричнево-бурого цвета, но при высыхании покрывается как бы белым налетом, особенно по своим ребрам.

Если такую высушенную крупку ополоснуть водой на воронке и стекающую воду исследовать, то окажется, что вода растворила значительное количество азотно-аммиачной соли — показатель того, насколько энергично идут в комочках крупки процессы аэробного разложения органического вещества.

Как только обсохнет и согреется земля поймы, после разлива начинается энергичное развитие луговой растительности. Молодые побеги злаков, заложенные еще предшествующим летом, быстро начинают развиваться и при своем развитии закладывают новый узел кущения на глубине 4—6 мм под поверхностью нового, образовавшегося от разлива, слоя крупки, и корни, развивающиеся из этих узлов кущений, густой сетью оплетают всю массу вновь образовавшихся комков, и из тех же узлов кущения развиваются новые побеги, неплодущие в первом году своей жизни, но которые дают плодоносящие стебли в будущем году. Таким образом вся масса растений ежегодно переходит в поверхностные горизонты вновь отложенного слоя крупки, вся же масса органического вещества корней, побегов и стеблей, развивавшаяся в слое, отложенном в предыдущем году, целиком отмирает.

В результате всего этого комплекса явлений и создаются основные признаки заливного луга этого типа и основные признаки почвы зернистой поймы.

Главное свойство подобных заливных лугов — их свойство никогда не выходить из стадии корневищевого и рыхлокустового периода; при этих условиях создания ежегодно нового слоя почвы, в ней никогда не может накопиться избыток органического вещества, влекущего за собой постепенное преобладание анаэробного процесса; в такой ежегодно возобновляющейся зернистой почве запас питательных минеральных веществ никогда не может истощаться и перейти в неудобоусвояемое состояние — он всегда возобновляется, благодаря аэробному разложению, тонко распределенного по всей массе почвы, органического вещества.

Флора таких лугов характеризуется почти исключительным преобладанием злаков корневищевого и рыхлокустового типа и притом самых ценных с хозяйственной точки зрения; здесь царство лугового лисохвоста, лугового мятлика, луговой овсяницы, канареечника, бекмании и безостого костра. Бобовые

совсем исключены из состава флоры этих лугов. Исключительное господство аэробного процесса в верхних горизонтах почвы создает уже на незначительной глубине исключительное господство анаэробиозиса, при котором не могут развиваться глубоко идущие корни бобовых, развивающиеся только в симбиотическом сожительстве с аэробными бактериями, усвояющими азот воздуха.

Тот же своеобразный генезис этих зернистых почв поймы придает им ряд характерных признаков.

Самым характерным признаком этих почв является их в высокой степени совершенное и однородное строение, сохраняющееся на всю глубину их залегания часто до двух метров, и рядом с этим и высшая степень прочности строения этих почв. Эта последняя легко понятна, если припомнить, что в состав этих почв входит значительное количество глинистых частиц, часто до 20—30%, благодаря присутствию которых эти комки обладают чрезвычайно большой связностью, т. е. способностью сопротивляться механическому разъединению их частиц. Кроме того, то же присутствие глинистых частиц обусловливает их огромную волосность, выраженную в смысле огромной высоты подачи волосной воды, достигающей трех метров, и соответствующей этой высоте медленности капиллярного передвижения в них воды. В результате комбинации таких свойств с совершеннейшим комковатым строением является более полное, чем в какой-либо другой почве, совмещение в верхних горизонтах их одновременной наличности как условий аэробиозиса, так и условий анаэробиозиса, выраженных в одинаковой степени ярко. И, действительно, в таких почвах вода и воздух никогда не являются антагонистами, что обыкновенно имеет место в других почвах, не обладающих столь совершенным строением. Как бы велик ни был дождь, всякое количество его тотчас беспрепятственно проникает в неволосные промежутки между комочками, никогда не образуя слоя на поверхности почвы.

Но проникнув в силу просто тяжести в промежутки между комками, вода не может образовать здесь стремительных струй. размывающих комки, так как на своем пути встречает огромную волосную поверхность бесчисленных комков, в тело которых и всасывается вся жидкость. Восьмилетние лизиметрические исследования показали, что только самые сильные ливни, измеряемые десятками миллиметров, дают с объема почвы, измеряемой 4 квадратными метрами поверхности при одном метре глубины, не более двух — трех литров лизиметрической воды; во все же остальное время поздней весны, лета, осени и зимы такая почва не пропускает ни одной капли воды, и только на самое короткое время при таянии снега из ее толщи проникает некоторое количество воды, во много раз меньшее, чем в других типах почв, через которые в летнее время сочится или беспрерывный, или прерываемый лишь на короткие сроки ток лизиметрической воды. В отношении водного режима эти структурные почвы поймы очень сходны с структурными черноземами пологих склонов, с которыми они имеют много общего и в динамике своего генезиса.

Вследствие вышеописанных свойств в комках такой почвы устанавливаются два ярко выраженных противоположных микробиологических процесса. На поверхности влажных и богатых органическим веществом комков, вследствие легкости доступа кислорода в некапиллярные просветы между комками, устанавливается аэробный процесс разложения органического вещества, освобождающий при своем течении изобильное количество селитры и ряд других окисленных минеральных солей, в погоне за которыми вновь образующиеся корни злаков и оплетают эти комки плотной сетью, получая здесь обильное питание. Отмирая на будущий год во всей своей массе, эти корни, в свою очередь, подвергаются такому же разложению и дают вместе с новым количеством органических остатков, приносимых полой водой, опять минеральный материал для питания нового поколения растений.

Рядом с образованием богатого количества минеральной пищи при жизнедеятельности аэробных бактерий выделяется специфическая органическая кислота — гуминовая, довольно легко растворимая в воде в состоянии новообразования (in statu nascendi), образуя раствор вишнево-красного цвета; вредное действие этой кислоты на развитие аэробных бактерий тотчас же парализуется выделением при том же процессе аммиака, с которым гуминовая кислота образует нейтральную соль и который в свободном состоянии является таким же резко выраженным токсином по отношению к бактериям, как и гуминовая кислота, и в этом образовании гуминово-аммиачной соли происходит взаимное обезвреживание двух токсинов. Оставаясь в условиях аэробиозиса, гуминово-аммиачная соль быстро разлагается, причем аммиак обращается в азотистую и далее в азотную кислоту, а гуминовая кислота в воду, угольную кислоту и аммиак, который вновь усредняется азотной кислотой. Такой процесс мы видели в почвах с ярко выраженным исключительным преобладанием аэробного процесса — в почвах грубопесчаных и в почвах так называемой эолово-лёссовой зоны — поэтому эти почвы не накопляют совершенно органического вещества.

В почвах структурных такой процесс идет исключительно на поверхности влажных комков, и образующаяся гуминово-аммиачная соль быстро впитывается влагоемкой поверхностью комка и уводится таким образом из сферы господства аэробных процессов в область господства исключительно анаэробных процессов — внутрь комка. Господство в этой области анаэробиозиса определяется господством аэробиозиса на поверхности комка, и этот последний процесс служит лучшим изолятором внутренней области комка от доступа кислорода.

Попадая в область анаэробиозиса, гуминово-аммиачная соль претерпевает иные изменения: под влиянием анаэробных бактерий аммиак этой соли отщепляется, частью разрушаясь на азот и водород, частью переводясь в сложные органические

вещества, и освобождает свободную гуминовую кислоту, которая, выделенная из своих солей, уже не отличается легкой растворимостью в воде той же кислоты в момент ее биологического образования, а, наоборот, представляет вещество в воде почти не растворимое, а после высушивания или промораживания обращающееся в вещество, совершенно в воде не растворимое. Эта гуминовая кислота, откладываясь между частицами почвы, составляющими комки, склеивает их и, как вещество нерастворимое в воде, защищает комки от размыва водою, придает комкам так называемую прочность строения.

При своей жизни анаэробные бактерии также выделяют, как один из продуктов своей жизнедеятельности, кислоту, так называемую ульминовую, легко растворимую в воде, с коричневым цветом. Но при условиях анаэробного разложения не выделяется такого основания, которое могло бы обезвредить эту кислоту, и вследствие своей сравнительно большой растворимости она пропитывает почву комка, не будучи в состоянии из него выщелочиться, так как условия анаэробиозиса требуют непременно застойной воды, которая здесь и является такой в силу огромной влагоемкости комков. Под влиянием накопления ульминовой кислоты процесс анаэробного разложения быстро прекращается и органическое вещество в нем сохраняется. С наступлением зимы ульминовая кислота под влиянием мороза переходит в свою нерастворимую в воде модификацию, резко отличающуюся от гуминовой кислоты своим светлокоричневым цветом, но так же, как и гуминовая кислота, нерастворимая модификация ульминовой кислоты несет ту же функцию: она придает комочку чрезвычайную прочность строения.

Весной в комках, освободившихся благодаря замерзанию от избытка растворимой ульминовой кислоты, вновь начинается анаэробный процесс разложения, чтобы повторить то же, что происходило в предыдущем году, с той разницей, что этот процесс будет протекать уже под покровом вновь отложивше-

гося слоя комков почвы; и так как на поверхности новых комков будет итти бурное аэробное разложение органического вещества, поощряемое влажностью почвы заливного луга наших широт, то кислород воздуха будет сильно задерживаться в нем, и на поверхности комков прошлогоднего образования успеет также установиться анаэробное разложение с образованием ульминовой кислоты. Поэтому и почвы зернистых пойменных образований наших широт отличаются всегда коричневым цветом, в отличие от таких же образований черноземной полосы и структурных черноземов, где окраска комков принимает весьма быстро интенсивно черную окраску гуминовой кислоты, которая в них и маскирует присутствие ульминовой кислоты. Благодаря более выраженной засушливости лета верхние слои почвы поймы черноземной зоны и самого чернозема так сильно просыхают, что всякая бактериальная жизнь в них замирает; тогда кислород легко проникает через верхний слой почвы и на некоторой глубине возникают также аэробные процессы с образованием интенсивно черной гуминовой кислоты. С дальнейшим углублением анаэробные процессы принимают все более определенный характер и в конце концов, несмотря на медленность своего течения, восстановляют все, что может подвергнуться восстановлению, в том числе и окись железа в закись, с образованием которых комки почвы принимают сероватый оттенок, образуя слой, характеризуемый обыкновенно крестьянами словом «глей».

Такого рода процессы, образующие типично структурные почвы поймы, протекают в середине поймы, ближе же к краям поймы образуются несколько более усложненные их разности. Типичная структурная почва поймы отличается отсутствием всяких следов слоистости и отсутствием каких бы то ни было скоплений органических остатков.

Она представляет равномерно-зернистую комковатую массу, окрашенную в светлокоричневый цвет в нашей климатической зоне и в черный цвет в зоне степной; при этом в нашей зоне

замечается некоторое потемнение окраски в самом поверхностном слое, в черноземной же зоне, наоборот, самые верхние слои такой почвы окрашены в несколько более светлый коричневый цвет. На глубине около 0,5 м, иногда меньше, иногда больше, темная окраска этих почв светлеет и переходит в коричнево-серую у нас или в темносерую в пойме чернозема, и ниже на самой различной глубине зернистая почва поймы переходит в нижние серые аллювиальные пески. При глубоком залегании этих почв серые комки их приобретают форму многогранника под давлением верхних слоев.

С приближением к полосе прибрежных дюн поперечный разрез такой почвы усложняется присутствием прослоек песка, выклинивающихся по мере удаления от полосы дюн. Слои песчаной почвы обыкновенно отделяются от лежащего выше слоя комочков прослойкой органического вещества.

Такого же рода наслоения мы встречаем и в почве тех береговых междюнных понижений, которые заливаются водой.

Происхождение этих прослоек песка очевидно — они представляют или ветровые наносы с полосы дюн, или делювиальные сносы песка из той же области.

Характер усложнения морфологических признаков рельефа при приближении к полосе притеррасных дюн может быть несколько сложнее. Кроме указанных уже выше прослоек, мы здесь можем встретиться со всеми теми включениями, которые встречаются в торфяной почве притеррасного болота.

Полоса притеррасных дюн не идет в виде сплошного возвышения параллельно склону террасы, а представляет как бы цепь холмов; через перерывы этой цепи ключевые воды террасы могут проникать и на поверхность поймы, образуя те же включения, которые мы уже рассмотрели выше. И, действительно, здесь часто сплошная масса комков зернистой почвы поймы прерывается выклинивающимися во все стороны прослойками охры; иногда здесь же встречаются прослойки мергелей отложения, и в нижних горизонтах сплошь и рядом

масса зернистой почвы поймы после обсыхания разреза оказывается равномерно испещренной голубыми включениями вивианита.

Там, где притеррасное болото достигает значительного развития и переходит за границы притеррасной дюнной полосы, что особенно часто встречается в нижней части, считая по течению реки, участков поймы извилистых рек, при переходе поймы на противоположный берег, мы на границе зернистой почвы и торфяного болота часто встречаем случаи погребения торфа под надвигающейся на него зернистой почвой поймы, как это имеет место во всей средней части полей орошения.

Наконец, последним случаем осложнения условий образования почв поймы будут случаи отложения в ней ортштейнов и оподзоления зернистых почв поймы.

Лесная растительность является обычной растительной формацией на образованиях поймы не только в области песчаных ее областей на притеррасных и высоких прибрежных дюнах, часто покрытых сосновым бором, но и в области плоской части поймы и притеррасного болота.

На притеррасное болото сосна заходит, повидимому, из области притеррасных внепойменных песков и притеррасных дюн, и под ее покровом образуются залежи лесного торфа, заключающего обыкновенно массу корней, пней и целых стволов сосны, не подвергшихся совершенно разложению, а лишь измененных циркулирующими почвенными растворами болота. Таким же обычным спутником притеррасного болота являются ива и ольха, остатки которых также являются спутниками торфа этих образований. На высокой пылеватой слоистой пойме обычным явлением представляются дубовые леса, вносящие здесь те же изменения, какие были рассмотрены выше при описании действия леса на почву дюнных образований.

Но и на зернистых почвах поймы также могут поселиться леса. Началом завоевания области зернистой поймы лесом обыкновенно бывает нанесение на ее поверхность полой водой

песчаной косы. Такие случаи образования в области отложения глинистых почв грубых песчаных и даже хрящеватых наносов являются обыкновенно следствием прорыва заторов льда в области речной долины выше участка поймы, на которой образуется нанос. Ледяной затор подпирает огромные массы воды и, когда он прорывается, в русло устремляется огромная волна воды, несущая в своем стремительном беге огромные массы взмученного грубого материала.

В этом случае, когда волна подъема воды идет сверху, и затопление участка поймы извилистой реки происходит сверху по течению реки, а не снизу, как в нормальном случае, вода, получивши направление последнего элемента верхней излучины реки и обладая огромной инерцией, благодаря стремительности своего течения, врывается в область поймы через верхние дюнные заграждения и несется по уклону тальвега поймы, как по руслу, отлагая по краям его, где течение воды ослабевает вследствие расширения ее струи, часто огромные массы грубого скелетного материала.

Эти отложения обыкновенно в первый год зарастают массой сорных растений, затем появляются ивняк, ольха и если отложение песка отличается мощностью, то они зарастают также сосной, как и дюнные образования. В случае же незначительных размеров нанос покрывается осиной или особенно часто в нашей зоне дубовым лесом, который постепенно захватывает и участки зернистой почвы поймы.

Подзолообразовательный процесс, протекающий под пологом леса на пойме, претерпевает некоторые изменения по сравнению с тем, как он протекает вне поймы.

Грибная микрорастительная формация, развивающаяся в мертвом покрове, встречая в самой почве также прекрасно выраженные условия аэробиозиса, развивается не только в лесной подстилке, но и в органическом веществе почвы, где бактериальная флора уничтожается промываемой в почву креновой кислотой, и разрушение органического вещества

в верхних слоях поймы идет быстрыми шагами, причем вся масса комков верхнего слоя переплетается такой массой гифов, что образует как бы войлок.

Материала для оподзоления в виде окиси железа и водной алюмокремневой кислоты в глинистой почве содержится много и поэтому этот процесс идет медленно вглубь вследствие быстрого усреднения креновой кислоты элементами верхнего слоя, зато вследствие большого содержания глины и количество аморфной кремневой кислоты в этом слое отлагается чрезвычайно большое.

При этом процессе оподзоливания структурные отдельности почвы поймы сохраняются, сохраняя и свою прочность, но роль цемента здесь играет частью аморфная кремневая кислота, частью гифы грибов, истребивших гуминовую и ульминовую кислоты и образующих как бы густой войлок и внутри комка, и переплетая массу комков и снаружи.

Опускающийся раствор крената железа и, что особенно характерно для этих почв, алюминия встречает на своем пути условия, не совсем обычные для внепойменных почв нашей зоны — вся масса почвы является структурной, причем каждый элемент строения — комок, при неизбежном спутнике леса влажности верхних слоев почвы, насыщен водой и не может принять нового количества жидкости; поэтому апокренаты выпадают здесь при восстановлении кренатов не внутри массы комков, а облекают их более или менее толстыми корками, придавая им красно-бурый цвет и характерные свойства орешков; при раскалывании комочков и подсыхании их из наружных корочек апокрената вываливается сжавшийся от высыхания комочек.

Но вследствие того, что в верхней части лесной почвы, под влиянием полога леса и лесной подстилки, влажность почвы обыкновенно очень велика, и ток кренатов, не всасывающийся в комочки вследствие их насыщенности водой, быстро уходит вглубь и входит в область максимального распространения

корней деревьев, лежащую на глубине от 0,5 до 1,5 м, и в этой области встречается с комками, в значительной мере обедненными водой, благодаря деятельности корневой системы деревьев, здесь влагоемкие комки глинистой почвы поймы жадно впитывают раствор кренатов и образующиеся из них апокренаты насквозь пропитывают комочки, придавая им твердость камешков и склеивая всю массу комков этих мощных ортштейновых отложений поймы часто в сплошные слои, поддающиеся только лому.

Как уже упоминалось выше, подобные же ортштейновые образования отлагаются более или менее широкими слоями и у подножия дюнных песков, покрытых лесом, из которых с грунтовой водой выносится много свободной креновой кислоты, вследствие недостатка материала для нейтрализации креновой кислоты в самом песке дюнных образований.

Структурные глинистые почвы поймы со всеми их разностями прекрасно развиты на всей средней части площади полей орошения, представляя преобладающий тип почвы нижних полей орошения.

Что касается вопроса о пригодности этих почв для целей обезвреживания сточной жидкости, то я подробно коснулся его в первой главе, говоря о пригодности для этой цели структурных почв вообще.

Мне пришлось вдаться в настоящем обзоре в довольно большие теоретические подробности, быть может скучные для не специалиста-почвоведа, но мне казалось, что на основании одних морфологических, видимых простым глазом, особенностей и признаков почвы я не буду в состоянии обосновать степень пригодности различных почв для такой специальной функции, как обезвреживание органических веществ сточной жидкости, и мне поневоле пришлось вдаться в ту область почвоведения, которую можно назвать физиологией почвы.

Почвообразовательный процесс представляет процесс воздействия биологических факторов на продукт выветривания

горных пород — материнскую породу и складывается из двух равнозначащих элементов, одинаковых на всем земном шаре: процессов создания органического вещества и процессов разрушения того же созданного вещества; и в результате беспрерывно и закономерно изменяющихся комбинаций этих двух неразрывных элементов почвообразовательного процесса с также беспрерывно и закономерно развивающимися и меняющимися геологическими процессами, климатом страны, рельефом местности и характером материнской породы, получается беспрерывно замкнутая цепь разных стадий эволюции почвенных образований и беспрерывная закономерная смена их морфологических признаков.

В этой неразрывной цепи, определяющей характер и свойства почвы и ее пригодность для любой специальной цели, нельзя выкинуть ни одного звена, не разорвав цепи.

РАННИЕ РАБОТЫ ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ





ЗНАЧЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ [11]

Милостивые государыни и милостивые государи! [12]

На долю растения в экономии природы выпадает задача создания органического вещества из ее неорганизованных элементов. Растение является той лабораторией, где природа изготовляет целый ряд веществ, без которых человек и животный мир не могли бы просуществовать и одного дня. Белки, крахмал, клетчатка, сахар, жиры, огромное количество органических кислот, алкалоиды, воск, эфирные масла, целый ряд красящих веществ — все это является результатом жизнедеятельности растительного организма.

Из небольшого числа простых тел: углерода, азота, кислорода и водорода, калия, извести, фосфора, серы и некоторых других, поглощаемых растительным организмом в виде очень простых соединений, образуется в нем бесконечный ряд самых разнообразных веществ, составляющих сложнейшие комбинации тех же простых тел. Эта творческая деятельность растения проявляется под влиянием двух сил: света и теплоты.

Но есть и еще один могущественный агент растительной жизни, это — вода.

Вода играет для растения не только роль питательного вещества, но, постоянно воспринимаемая им извне и в то же время беспрерывно, в продолжение всей жизни растительного организма, испаряемая им, она дает как бы толчок всей жизнедеятельности растения.

Пронизывая беспредельные мировые пространства, необъятными волнами, в неизмеримом количестве, притекают на землю свет и теплота, в виде солнечных лучей, и жадно улавливает их широко раскинувшаяся зелень наших растений.

В то время как листья растений, освещаемые и согреваемые солнцем, купаются в неограниченном количестве питательных веществ, предоставляемых им атмосферой в виде углекислоты и кислорода, корни тех же растений, пронизывая почву во всех направлениях, окутывая малейший комочек ее, гоняются за каждой каплей воды, за каждой крупинкой растворенных в этой воде питательных веществ.

Все питательные вещества, за исключением углекислоты и кислорода, берет растение из почвы или через посредство почвы, и лишь благодаря почве может оно воспользоваться водой, которую природа посылает ему в виде дождя и снега.

Таким образом, почва, представляя место прикрепления растений, для благоприятного роста их должна иметь такие качества, чтобы, по возможности, облегчить корням задачу погони за питательными веществами и водою, должна удерживать необходимое количество последней, не давая ей испаряться под влиянием иссушающего действия ветров и удерживая ее от проникновения в глубоко лежащие, недоступные корням слои, вместе с тем не должна содержать в себе и избытка ее, вредного для деятельности корней.

Эта воспринимающая деятельность корней происходит лишь при определенных тепловых условиях; при слишком высокой температуре корни отмирают, и, следовательно, погибает и растение; при слишком низкой температуре прекращается поглощение корнем воды и вместе с нею питательных веществ. После ясных, холодных ночей можно иногда видеть, что с восходом солнца растения блекнут, и листья, потеряв упругость, опускаются как бы от засухи, а между тем в почве находится избыток влаги. Это явление зависит от того, что почва, особенно влажная, сильно охлаждается в продолжение безоблачной

ночи, и когда под влиянием солнечной теплоты листья начинают свою работу и усиленно испаряют воду, корень, охладившийся вместе с почвой, не может пополнить этой траты воды, и растение блекнет. Но как только почва согреется восходящим солнцем, корень начинает свою деятельность и пополняет утраченную воду. Если же охлаждение было сильно, а согревание идет медленно, и растение долгое время находится в таком поблекшем состоянии, продолжая отдавать воду и не получая ее из корня,— оно неминуемо гибнет. Для своей жизни корень нуждается и в кислороде и при отсутствии его гибнет, а потому не менее важную задачу почвы составляет приведение этого газа к малейшим разветвлениям корневой системы растения. Вот какова сложная задача почвы по отношению к растению, и регуляция этих отношений между почвой и растением, забота о создании в почве условий, наиболее благоприятствующих работе корня, составляет одну из важнейших задач земледелия.

Успешное выполнение этой задачи, обусловливаясь, с одной стороны, подробным изучением требований растения, с другой стороны, зависит от знакомства с почвой и с ее отношениями к воде, к воздуху, к теплоте и к самому растению — знакомства, которое является результатом изучения физических свойств почвы.

* * *

Почва не есть простое тело. Она представляет смесь нескольких разнородных веществ. Почва есть тело сыпучее и, нося на себе всегда отпечаток своего происхождения, состоит из обломков горных пород самой разнообразной величины, от камней и песка до мельчайшей пыли, из продуктов выветривания этих пород — глины и разнообразных солей в смеси с остатками росших на почве растений и продуктами их разрушения — перегноем. Количество последнего постепенно уменьшается сверху вниз и, наконец, вполне исчезает там, куда не проникают корни растений. Этот слой, не содержащий перегноя, называется вообще подпочвой.

Откуда бы ни происходила почва, она всегда состоит из смеси этих веществ, и все громадное разнообразие почв на всем земном шаре зависит от различной комбинации этих составных элементов ее в различных количественных отношениях.

Всякому в достаточной степени известно, что такое песок, но далеко не все знают, что такое глина.

В обыденной жизни под именем глины известен целый ряд очень разнообразных веществ. Глиной называют то снежно-белое вещество, из которого делается фарфор; горшечная глина представляет уже нечто совсем не похожее на фарфоровую; печная и кирпичная глина опять носит совершенно иной характер, и, наконец, те, кто видел черную юрскую глину, например, в размытых берегах реки Москвы, не может не признать, что она резко отличается от всех перечисленных сортов глины.

Если мы возьмем какую бы то ни было подпочву, не содержащую органического вещества, прокипятим ее довольно долгое время в воде, для того, чтобы разделить слипшиеся частицы, и, размешав полученную смесь в перегнанной воде, оставим ее спокойно стоять в невысоком сосуде, то более крупные частицы почвы, песок и пыль, постепенно осядут на дно сосуда, и спустя около 24 часов в жидкости остается одна только глина. Этот процесс отделения глины от песка и пыли носит название отмучивания.

Микроскоп показывает, что эта глина состоит из чрезвычайно мелких частиц, величиной не более 0,0015 мм, совершающих в воде, в которой они взмучены, постоянное быстрое колебательное движение. Это движение, свойственное всем мелко-раздробленным частицам, плавающим в воде, известно в физике под названием Броуновского движения.

Взмученные в чистой — перегнанной — воде, эти частицы опускаются на дно сосуда с чрезвычайно малой, едва уловимой скоростью, и вода остается мутной в продолжение многих дней — целых месяцев.

Но если мы прибавим к этой мутной жидкости хотя бы незначительное количество какой-нибудь кислоты или соли, например, соли извести, то колебательное движение частиц глины мгновенно прекращается, они быстро слипаются друг с другом, образуя хлопья, и тогда уже быстро оседают на дно сосуда.

Раз частицы глины слиплись в хлопья, особенно под влиянием солей извести, они удерживают это состояние с большим упорством, и только после долгого промывания водой, когда удалены последние следы извести, глина опять приобретает свою способность к взмучиванию в воде.

Если слить эту мутную жидкость, содержащую глину, с осевших на дно сосуда частиц песка и пыли и удалить из нее воду выпариванием, то мы получим глину или иловатые частицы почвы в чистом виде. В таком сухом состоянии глина представляет неправильной формы куски, и частицы ее до такой степени крепко слипаются, что нужно очень большое усилие для того, чтобы разломить даже небольшой кусок такой чистой глины; но стоит только смочить этот кусок водой, и он тотчас расплывается в бесформенную массу.

Эта склеивающая, или связывающая, способность глины при ее высыхании играет очень большую роль в почве.

В отсутствие глины почва представляла бы груду сыпучего песка, мелкие частицы которого, подчиняясь произволу ветров, постоянно переносились бы с места на место.

Глина связывает эти частицы в более крупные комки и таким образом обусловливает то свойство, которое называется связностью почвы.

Даже очень незначительного количества глины достаточно, чтобы придать почве это качество, и с возрастанием ее количества в почве возрастает и связность последней.

С этим свойством почвы приходится сталкиваться при ее обработке — чем больше связность почвы, тем больше требуется усилий для ее обработки. Обработка имеет целью придать почве известное так называемое строение. Частицы почвы,

никогда или давно не обрабатывающиеся, залегают очень близко одна к другой и, связанные между собою глиной, составляют плотную массу, с большим трудом пронизываемую корнями растений.

Орудия обработки разрушают это плотное строение, разбивают почву на комочки, придают ей комковатое строение, и такая почва представляет совсем иные условия для проникновения корней растений.

Чем плотнее слиплись частицы почвы, тем большее усилие надо употребить для их разделения на комочки. А эта плотность слипания зависит от количества глины.

Мы знаем, что кусок сухой глины, смоченный водою, быстро расплывается. Ясно, что и строение почвы было бы очень не прочно, если б оно удерживалось только одной глиной, и первый сильный дождь вновь обратил бы почву в плотную массу, уничтожив в один миг долгий и тяжелый труд пахаря.

Но здесь на помощь глине является другое вещество — то черное вещество, которое обусловливает темную окраску почвы и составляет продукт разложения частей растений, оставшихся в почве, — так называемый перегной.

Благодаря присутствию перегноя строение почвы приобретает прочность.

Подобно глине, свежеобразовавшийся перегной обладает способностью склеивать — связывать, но с тою разницей, что, раз высохнув, он уже более не расплывается в воде и таким образом, раз связав вместе с глиной почву в комочки, он и удерживает эту связь, он противится размывающему действию дождей. Он обусловливает собою прочность строения почвы.

Культурой растений, оставляющих по себе большое количество корневых остатков, внесением больших количеств грубого хлевного удобрения старается земледелец постоянно поддержать в своей почве необходимое количество свежеобразовавшегося перегноя, и это составляет одну из наиболее тяжелых задач сельского хозяйства, ибо этот перегной, постоянно

разлагаясь в почве, грозит постоянно оказаться в ней в недостаточном количестве, и тогда почва, под влиянием размывающего действия дождевых капель, потеряет свое строение, одичает, и приведение ее вновь в культурное состояние стоит громадных затрат.

Тот же самый дождь, приносящий столько забот земледельцу благодаря своему разрушающему действию на строение почвы, представляет в то же время единственный источник того могучего агента, без которого, как без света и без тепла, невозможна органическая жизнь.

Дождь приносит растению воду.

Едва набежавшая туча успеет разрешиться дождем, едва впитала в себя просохшая почва ту воду, которая не успела стечь с нее в ручьи, как тотчас, под влиянием могучего источника жизни — солнца, начинается вновь испарение только что ниспавшей воды, и серебристым туманом уходит из почвы ее жизнь. Но подчиняясь закону тяжести, все глубже и глубже проникает раз попавшая в почву вода, пропитывая на пути своем все мельчайшие комочки ее, и, дойдя до непроницаемых плотных слоев, стремится в своем подземном ходе по наклону их, чтобы вновь показаться на дневную поверхность, в виде прудов и озер, чтобы в виде речек и рек соединиться в широком просторе морей и, испарившись оттуда, снова начать великий круговорот воды в природе.

Растению, прикрепленному к почве, суждено бесчисленными разветвлениями своих корней улавливать источник своей жизни — воду на ее длинном пути через почву.

Только той частью воды, которая не успела испариться из почвы и задержалась в том слое, где распространяются корни, не проникнув в глубже лежащие слои, может воспользоваться растение.

И чем больше до известного предела это количество оставшейся в почве воды, тем в лучших условиях находится растение.

Сыпучие пористые массы песка пропускают воду очень легко, благодаря сравнительно большим промежуткам между отдельными частицами, и если бы почва состояла только из песка, то попавшая в нее, в виде дождя, вода быстро бы пронизала ее толщу и, углубляясь все дальше и дальше, оставила бы корни растений сохнуть под влиянием солнечной теплоты и ветра, легко проникающего в рыхлый песок и уносящего и последние следы воды, в ничтожных количествах оставшейся в такой почве.

Если мы себе представим другую крайность и предположим, что почва состоит из одной только глины, то тогда ссохшиеся в твердую каменистую массу частицы ее оставили бы между собой такие ничтожно малые промежутки, что выпавшая вода лишь с большим трудом и очень медленно могла бы проникнуть в такую почву, и почти все количество выпавшего дождя скатывалось бы по ее наклону в виде ручьев в овраги и речки.

Такая почва была бы также совершенно бесплодной.

Но в хорошей культурной почве всегда присутствуют и песок, и глина; и последняя, скрепляя между собой частицы песка, как более мелко раздробленное вещество, занимает промежутки между более крупными частицами песка, заполняет отчасти эти промежутки и, уменьшая их объем, представляет таким образом большее препятствие для движения воды, чем чистый песок.

Вместе с тем, во время замедленного таким образом движения вглубь, вода успеет пропитать собою малейшие промежутки между частицами глины и, передвигаясь в таких узких ходах с большим трудом, задержится в почве на долгое время и предоставит в распоряжение растений большой запас воды на время засух.

Зная количество песка и глины в почве, можно наперед сказать, как она будет относиться к воде.

Чем больше она содержит песка, тем легче она пропускает через себя воду и тем меньшее количество последней останется

в распоряжении растений; и, наоборот, с увеличением количества глины в почве увеличивается и количество воды, которое она может задержать в себе; наконец, при очень значительном содержании глины, почва может задержать в себе такой избыток воды, который уже будет вреден для растения.

Чистая глина, благодаря густому сплетению мельчайших волосных промежутков между ее частицами, в состоянии впитать в себя огромные количества воды, и, раз вобравши эту воду, она с большим трудом высыхает, ибо благодаря той же незначительности размеров промежутков движение воды в ней очень затруднено, и лишь с большим трудом вода из внутренних слоев может передвигаться к наружным, просыхающим от действия солнечной теплоты.

Таким образом, когда в почву, содержащую большое количество глины, заполняющей все промежутки между более крупными частицами песка, проникает дождевая вода, она вместе с тем вытесняет из ее промежутков воздух, становясь на его место, и, оставаясь в почве очень долгое время, лишает таким образом корни растений очень важного для их жизни вещества — кислорода; корни, лишенные его, задыхаются — отмирают, и вместе с ними умирает и все растение.

Все условия, от которых зависит жизнь растения, одинаково важны, и если оно лишено одного из них, хотя бы другие предлагались [имелись] и в избытке, оно неминуемо погибает.

В других условиях стоит почва, в которой количества песка и глины находятся в благоприятных отношениях. Дождь, падая на такую почву, также вытесняет воздух из ее промежутков, но, быстро опускаясь вниз и пропитывая на пути своем все мельчайшие скважины почвы, вода скоро оставляет более крупные промежутки, и тотчас на ее место врывается струя свежего чистого воздуха, и растение, пользуясь в избытке водой и растворяемыми ею питательными веществами почвы, в то же время снабжается и безусловно необходимым для его жизни кислородом воздуха.

Проникая в такую рыхлую благоприятную для жизни растений почву, воздух, нагретый у ее поверхности, вносит с собою, кроме кислорода, и тепло, которое дает еще один толчок к повышению жизненной деятельности корней; да и то тепло, которое почва получает прямо от солнца, благодаря отсутствию избытка воды, идет на согревание ее.

Не то мы видим у почвы с чересчур большим содержанием глины. Пропитанная насквозь до мельчайших пор водою, непроницаемая для наружного теплого воздуха, она тратит и то количество тепла, которое получает прямо от солнечных лучей, на испарение огромных количеств воды, которою она пропитана, и скудная, бледная растительность, покрывающая такую почву, не в состоянии оживить ее холодного, мертвенного вида.

От такого числа условий в самых причудливых соотношениях зависит пригодность почвы для произрастания растений, и земледелию, задача которого поставить растение в условия, наиболее способствующие успешному росту его для получения наивысшего урожая, и притом создать эти условия и получить этот наивысший урожай с наименьшими затратами, — земледелию приходится заботиться о наличности всего ряда условий, и притом не об одном каком-либо, а сразу обо всех, ибо все они связаны неразрывной связью, и отсутствие хотя бы одного из них влечет за собой неминуемую гибель растений.

Питательные вещества, свет, тепло, вода — все они имеют одинаково важное значение для растения и обо всех этих факторах жизни растения приходится в одинаковой степени заботиться земледелию.

Я позволю себе обратить ваше внимание на один опыт, произведенный в недалеком прошлом проф. М. Э. Вольни в Мюнхене, результаты которого приведены в следующей таблице [на стр. 535].

Два ряда сосудов одинаковой величины были наполнены одной и той же, бедной питательными веществами, почвой

	Содержание воды в почве					
	10%	20%	40%	60%	80%	100%
Урожай { в удобренных сосудах	1,3	5,2	11,2	21,2	12,2	3,2
Урожай { в неудобренных сосудах	0,4	1,2	3,6	6,0	4,8	1,6
Перевес урожая в удобренных сосудах	0,9	4,0	7,6	15,2	7,4	1,6

в одном и том же количестве, причем в одном ряду эта почва была удобрена так, что содержала все необходимые для растения питательные вещества в количестве, достаточном для производства самого большого урожая.

В другом ряде сосудов почва осталась неудобренной. Таких сосудов было по шести в каждом ряду.

В каждый из этих сосудов было посеяно по одинаковому числу семян, вероятно, всем известного масличного растения — рапса, или репака.

Во все время роста растений поддерживались строго одинаковые условия влажности в каждом отдельном сосуде, но различные для различных сосудов, а именно:

В одном из сосудов, отмеченном № 6, воды было влито столько, сколько могли вместить в себе промежутки почвы; почва была переполнена водою.

В другой сосуд — № 5 — было влито 80% того количества воды, которое может заполнить всю почву.

В третий сосуд — № 4 — 60% этого количества воды, или, другими словами, было насыщено 60% полной влагоемкости почвы [почва была насыщена до 60% ее полной влагоемкости], и, наконец, в сосуды за № 3, 2 и 1 было влито 40%, 20% и 10% того количества воды, которое заполняет все промежутки почвы.

В совершенно таких же условиях влажности находились и соответствующие сосуды другого ряда, отмеченные теми же номерами, и это состояние поддерживалось во все время роста растений до созревания семян, причем испарявшееся количество воды ежедневно дополнялось.

Все прочие условия, в которых находились растения, были одинаковые.

Какую же разницу в урожае произвело это различие в количествах воды и питательных веществ, бывших в распоряжении растений?

Обратим сначала внимание на каждый ряд в отдельности.

В этой таблице под соответствующим номером выражен урожай зерна, полученный с растений, росших в каждом сосуде обоих рядов, в одних и тех же единицах веса. Мы видим, что в обоих рядах с повышением количества воды в почве растет и урожай, но до известного предела содержания воды в почве — до 60% полной влагоемкости ее, и как только этот предел перейден, тотчас же понижается урожай; корню растений нехватает кислорода, вытесненного водой, и оно не может воспользоваться ни питательными веществами, ни водой, в избытке предлагаемыми ему, ни светом, ни теплом; растение задыхается и влачит жалкое существование, результатом которого является ничтожный урожай.

Если мы сравним урожай соответствующих сосудов каждого ряда между собой, то мы увидим, что прибавленные к почве сосудов первого ряда питательные вещества во всех случаях произвели повышение урожая; и, что особенно важно, перевес урожая в сосудах с удобренной почвой, по сравнению с почвой неудобренной, как это видно из третьей строчки, где выражен этот перевес в тех же весовых единицах, как и урожай, что этот перевес растет вместе с возрастанием количества воды в почве и достигает наибольшей своей величины там, где количество воды соответствует 60% полной влагоемкости почвы, и когда этот предел перейден, урожай сразу падает, растению нехватает кислорода. Другими словами, растение может вполне использовать удобрение лишь тогда, когда оно в достаточной степени снабжено и водой и кислородом; а потому забота о них так же важна, как и забота о питательных веществах.

Трудно привести другие три строчки, которые говорили бы

больше для земледелия. Здесь, в результатах этого простого на вид опыта, блестящими штрихами начертаны три основных закона земледелия:

Закон minimum'а, гласящий, что урожай зависит от того фактора, от того условия жизни растения, который находится налицо в наименьшем количестве.

Другой *закон равноценности факторов*, или условий, *жизни растения*, гласящий, что все эти условия одинаково важны, нет между ними более важного, как нет между ними менее важного.

И, наконец, *закон незаменимости факторов жизни растений*, напоминающий нам, что одно условие не в состоянии заменить другое.

И из этих основных законов земледельческой науки ясно вытекает тот вывод для практики, что одним удобрением и одним изучением химических свойств почвы нельзя помочь земледелию, а надо уделять одинаковое внимание и удобрению, и обработке, в одинаковой степени надо изучать и химические, и физические свойства почвы, как равносильные звенья одного неразрывного целого, каким представляется и все в нашем мироздании.

Эти выводы приняли свое окончательное выражение лишь в очень недавнее время, и тяжелыми вековыми усилиями достались они.

В ослепительном блеске открытий в области естественных наук, среди гигантских успехов современной промышленности, едва мерцали скромные труды немногих ученых, бескорыстно отдававших все время, все силы, всю жизнь на пользу и славу нашей науки, и она долгое время оставалась пасынком общества.

Но прошло то время, и теперь уже лучшие силы общества находят себе достойное применение в этой сложной отрасли знания, затрагивающей самые органические потребности человечества.[13]



ВСТУПИТЕЛЬНАЯ РЕЧЬ ПЕРЕД ЗАЩИТОЙ ДИССЕРТАЦИИ[14]

В сельскохозяйственной науке и сельскохозяйственной практике вопрос о плодородии почвы является, бесспорно, одним из наиболее важных.

Каково бы ни было направление сельского хозяйства, какова бы ни была система сельского хозяйства в данной местности, каковы бы ни были другие условия, в которых ведется сельское хозяйство, качество почвы играет всегда видное место среди этих условий.

Каковы же причины того, что на долю почвы выпадает такая важная роль в этой важнейшей отрасли промышленности?

Земледелие как промышленность стоит в резко отличных условиях от всех других отраслей промышленности — условиях, определяющихся тем, что средством этой промышленности является живой организм — растение; растение есть та лаборатория, та машина, которой пользуется земледелие для создания, для выработки тех продуктов, получение которых составляет его задачу. Но и скотоводство пользуется живым организмом для достижения своих целей, и такие отрасли промышленности, как пивоварение, винокурение, также пользуются живой дрожжевой клеткой для получения своих продуктов; в чем же их отличие от земледелия?

Скотоводство и другие сельскохозяйственные технические промыслы при создании своих продуктов пользуются уже го-

товым материалом, приготовленным для них земледелием, и без его посредства существовать не могут; они не способны создавать новое вещество, комбинируя в сложнейшие сочетания простые соединения, рассеянные в неорганической природе; они требуют готового органического вещества для того, чтобы быть в состоянии преобразовать его в другие органические вещества. Земледелие же само из простых неорганических соединений создает новое сложное органическое вещество, и для создания этого вещества оно пользуется стихийными элементами природы, энергией светового и теплового луча и такими простыми веществами, как кислород, азот, угольная кислота, вода и простые минеральные соли.

Земледелие создает органическое вещество, сельскохозяйственные технические промыслы лишь преобразовывают его.

В том факте, что земледелие утилизирует растение, как средство для создания своих продуктов, и лежит причина той важной роли, которую играет почва в этой отрасли промышленности.

Растение для того, чтобы развиваться и исполнять те функции, ради которых оно возделывается, нуждается в известных условиях, которые определяют своим единовременным присутствием возможность жизни растений.

Эти условия, эти факторы жизни растений суть свет, теплота, вода и питательные вещества. Отсутствие хотя бы одного из них исключает возможность жизни и развития растений.

Но земледелие требует не только жизни и развития растений, оно ставит еще условие, чтобы это развитие, это создание нового вещества растением совершалось с известной интенсивностью. Земледелие есть промышленность и ставит известную границу производительности своих агентов, ниже которой эта производительность окажется невыгодной.

Растение может достигнуть наилучшего развития, наибольшей производительности в создании органического вещества только при определенной наличности всех факторов своей

жизни; оно требует их в так называемом оптимальном количестве. В какую бы сторону ни изменилось это количество, развитие растения тотчас теряет в своей интенсивности, его производительность уменьшается, и при нахождении этих факторов жизни в так называемых минимальных и максимальных количествах жизнь и развитие растения останавливается, производительность его становится равной нулю. И вот, чтобы достигнуть этой границы производительности, ниже которой производство становится невыгодным, главной задачей земледелия является забота о доставлении растению всех факторов его жизни в количестве, возможно близком к оптимальному.

В возможности решения этой главной задачи земледелия почва играет очень важную роль. Регуляция количественного притока всех факторов жизни растений, кроме света,[15] возможна только благодаря посредствующей роли почвы.

Лишь свет находится почти вне всякого контроля человека, к количеству его остается просто приспособляться, и почва почти не влияет на условия инсоляции растений.

Но если почва и не влияет также на количество тепла, притекающее к растению, она в огромной мере обусловливает возможность использования этого фактора растением. Надземные части растений хотя и нагреваются непосредственно солнечными лучами, но эти органы до тех пор не достигнут необходимой для их развития температуры, пока не согреется воздух, омывающий их и отнимающий у них теплоту, пока температура его не сравняется с температурой органов растения.

Лучи тепла пронизывают воздух, не нагревая его, воздух представляет среду теплопрозрачную, и своей теплотой он обязан почве, которую он овевает и, прикасаясь к которой, отнимает в силу теплопроводности часть той теплоты, которою она обязана солнечным лучам.

С другой стороны, как бы ни согрелись надземные органы растения, развитие его невозможно до тех пор, пока корень не достиг известной температуры, ниже которой он отказывается

принимать воду. Таким образом, возможность использования теплоты растением зависит всецело от почвы.

Вода также притекает к растению извне в виде атмосферных осадков, но чтобы растение могло воспользоваться ею, она должна попасть в почву, и только там корень растения может воспользоваться ею.

Наконец, использование четвертого фактора жизни растений, питательных веществ, тоже в большой степени зависит от почвы. Для своего питания растения нуждаются в угольной кислоте, кислороде, минеральных солях и, наконец, многие в свободном азоте. Усвоение угольной кислоты растением происходит при помощи зеленых частей его и от почвы не зависит. Но уже кислород необходим в одинаковой степени как надземным частям растений, так и корню, и здесь уже опять выдвигается почва, которая должна нести в себе условия, допускающие свободный доступ и обмен воздуха в ее недрах.

Что касается минеральных солей, то они поглощаются исключительно корнем, и говорить о значении почвы в деле усвоения их растением является почти излишним.

Усвоение свободного азота некоторыми растениями совершается при помощи микроорганизмов, живущих на корнях растений, и кроме свободного доступа азота почва должна удовлетворять и всем другим требованиям, которые предъявляют эти микроорганизмы по отношению к факторам своей жизни.

Такова в самых общих, в самых грубых чертах та роль, которую играет почва в отношениях между растением и факторами его жизни, и выражение этой посредствующей роли почвы вылилось в понятие о ее плодородии.

Мерилом плодородия почвы является ее урожайность, которая есть результат той или другой интенсивности развития растений, возделываемых на этой почве, а так как интенсивность развития растений зависит от количественного отношения к ним факторов их жизни и из этих последних один только свет

проявляет свое действие на них без посредства почвы, то урожайность является выражением всех посредствующих влияний почвы между растением и факторами его жизни, или, другими словами, выражением плодородия почвы.

Изучение роли почвы по отношению к питанию растений началось уже с давних пор. Но уже с самого раннего периода развития агрономической химии начало выясняться, что такое одностороннее химическое изучение почвы не может вполне осветить роли последней по отношению к растению и что есть еще другие отношения между ними, которые не объясняются таким изучением.

Выражением этого вывода явилось понятие о спелостн почвы. Понятие неясное, туманное, не объясняющее этих других отношений почвы к растению, но им уже определилась необходимость изучения почвы с другой стороны, и из попыток разобраться в этом понятии, из попыток изучить причины спелости почвы, выросло и окрепло сознание необходимости изучения физических свойств почвы, тех свойств, которые определяют роль ее в отношениях между растением и другими двумя факторами его жизни — водой и теплом.

Такое изучение показало, что растение далеко не располагает всем тем количеством воды, которое выпадает в виде метеорных осадков, что только часть их попадает в почву и что и в самой почве не все количество влаги, в ней находящееся, может быть использовано растением. Подобное изучение показало, что волосность почвы, влагоемкость ее, скважность и проницаемость определяют то количество влаги, которое она может вместить в себе, определяют то количество воды, которое почва может спасти от бесполезного стекания в овраги, ручьи и реки, и что те же свойства определяют то количество воды, которое, проникнув в почву, остается в ней, которому почва не позволяет стечь в нижние недоступные корням растений слои и которое она может защитить от испарения в воздух.

Одним словом, эти свойства определяют тот запас воды,

который находится в распоряжении растений, и дают нам в руки возможность до известной степени регулировать те количества воды, которые должны служить разводимому растению. То же изучение показало, что, с другой стороны, эти же свойства почвы, влияя на ее влажность, вместе с тем обусловливают собою, главным образом, и температуру почвы. Хотя почва получает свою теплоту непосредственно от солнечных лучей, но температура ее определяется, главным образом, количеством воды, в ней заключающейся. Скрытая теплота испарения воды так велика, что почва до тех пор не может достигнуть необходимой для развития растений температуры, пока количество воды в ней не понизится до известного предела. Эта связь между влажностью почвы и ее температурой настолько резко выражена, настолько ясна, что понятия о влажной и холодной почве и о сухой и теплой почве даже в общежитии стали синонимами. Но не только этим влиянием на отношение почвы к воде и теплу ограничивается значение .перечисленных свойств почвы; они же определяют и ту или иную способность почвы проветриваться, или, другими словами, определяют доступ в почву воздуха, а следовательно, и кислорода, безусловно необходимого для дыхания корней и, кроме того, обусловливающего своим присутствием известное направление химических процессов в почве, отсутствие вредных для растений соединений и приведение необходимых растению минеральных солей в состояние, легко усвояемое.

Таким образом влияют волосность почвы, влагоемкость ее, скважность и проницаемость на отношение растений к воде, теплу, а отчасти и к питательным веществам. На этот сложный ряд отношений расчленилось прежнее понятие о спелости почвы.

Но от чего зависят, в свою очередь, эти разнообразные свойства почвы? Если вопрос этот и не решен учением о почве во всех своих деталях и подробностях, хотя он и оставляет еще простор для исследования, но в общих крупных чертах он уже

обрисован, намечен и ясным следствием вытекает из целого ряда исследований в этой области.

Эти свойства присущи всякому сыпучему телу и, как таковому, принадлежат они и почве. Различная же степень выраженности их зависит от количественных отношений в содержании главных составных частей почвы — песка, глины и перегноя.

Вот три главные группы механических элементов почвы, т. е. тех элементов, которые своим единовременным присутствием обусловливают ее физические свойства.

Но кроме того, эти три составные части своим присутствием в почве обусловливают и еще одну очень важную способность почвы — способность принимать комковатое строение и удерживать на некоторое время приданное ей строение. Эта способность почвы к изменению строения дает в руки человеку самое могучее средство для регуляции ее физических свойств, а вместе с тем и к регуляции ее отношений к воде и теплу.

Ввиду такого значения количественного содержания в почве песка, глины и перегноя, выражающегося в зависимости от него физических свойств почвы, ясно, что для суждения об этих физических свойствах важно уметь определять содержание этих веществ в почве, точно так же, как для суждения о запасе питательных веществ в почве важно уметь определять их содержание в ней.

Разрешение последнего вопроса выпадает на долю химического анализа почв; ему же предоставляется и другая задача — определение количества перегноя; определение же содержания песка и глины составляет задачу механического анализа почвы.

Сколько в почве песка и сколько в ней глины — вот тот простой, повидимому, вопрос, который предлагается механическому анализу, и как, повидимому, просто решить на основании таких на вид несложных условий вопрос об отношениях почвы к теплу и к влаге!

Но разве не так же просты на первый взгляд и задачи, предлагаемые химическому анализу? Сколько в почве содержится питательных веществ, могущих быть усвоенными растением?

Данные химического анализа еще не дают нам возможности судить о количестве веществ в почве, усвояемых растением, мы только с некоторым вероятием можем догадываться об этом, но не более.

И это неудивительно, если вспомнить, какую сложную смесь всевозможных минеральных и органических соединений представляет почва, что об усвояемости этих соединений мы знаем еще очень мало; не много знаем мы и о том, каким образом происходит ближайшее поступление веществ в растение, каким растворителем переводит растение эти вещества в состояние, способное к передвижению; и те растворители, которыми мы пользуемся, не превосходят ли они своей растворяющей способностью во много раз силу тех, которыми пользуется растение в виде кислых выделений своих корней?

С такой же сложностью и запутанностью встречаемся мы и при попытке разрешить задачу, предлагаемую механическому анализу.

Песок, составляющий по количеству самую большую часть почвы, представляет смесь крупинок самой разнообразной крупности, от величины зерна гравия, поперечник которого измеряется несколькими миллиметрами, до неосязаемой крупинки мелкой пыли, размеры которой измеряются несколькими тысячными долями миллиметра. Эту сложную смесь мы можем разбить на несколько групп по крупности частичек, их составляющих, и какое огромное различие будут представлять эти группы по своим физическим свойствам, и какое огромное разнообразие в смешении таких групп могут представлять и представляют почвы!

Каковы должны быть основания деления тех групп, на которые необходимо разбить эту песчаную часть почвы? А необходимость такого разделения очевидна, ибо, если рассматривать

и определять ее как одно целое, мы для каждой отдельной почвы получим совершенно своеобразную смесь, и эта смесь будет каждый раз обладать совершенно своеобразными физическими свойствами. Ответ на этот вопрос ясен: мы предпринимаем определение количества песчаных продуктов в почве с целью пролить свет на ее физические свойства, следовательно, на основании их и должна быть произведена группировка этих частичек. Но до сих пор такая группировка произведена только приблизительно за недостатком точных данных о физических свойствах групп частичек различной крупности.

Есть причины тому, что эти группы частичек различной крупности еще не изучены, и благодаря отсутствию этого изучения еще нет и строгого разделения на группы. Причина этого лежит в том, что мы еще не умели выделить эти частицы из почвы, не могли отделить их от другой группы механических элементов почвы — от так называемой глины.

Уже по данным анализов, указывающих на содержание глины в почвах, можно было судить о том, что способы определения этого вещества, равно как и понятие о нем, не отличались большой точностью. Количество глины в одной и той же почве, проанализированной по одному способу, далеко не походило на количество того же вещества, указываемого в ней другим способом, — один способ мог дать 85% глины, другой указывал 15%. От чего могло зависеть такое разногласие? От того, что за глину принимали смесь ее с мельчайшим песком в одних случаях, а в других, указывающих меньшие количества, часть глины оставалась при песке в виде комочков, в которые она слипается.

Да и самое понятие о глине было далеко не установившимся. До исследования Шлёзинга на физическое строение глины не обращали почти никакого внимания, довольствовались тем, что указывали на ее химическую природу и на некоторые резко бросающиеся в глаза физические свойства — ее пластичность, непроницаемость для воды, способность спекаться.

Исследования Шлёзинга охарактеризовали глину с совсем другой стороны, и он приписал ей свойства, ставящие ее в совершенно особенное положение среди всех других минеральных соединений.

Шлёзинг нашел, что глина — коллоид, но свойства этого коллоида таковы, что резко отличают его от всех других минеральных коллоидов, например, гидратов окисей алюминия и железа. Эти последние вещества, раз потеряв свой студенистый вид, уже не принимают его вновь; нужно растворить их и вновь осадить в виде гидратов окисей, чтобы возвратить им студенистый вид и коллоидальное состояние.

Не то глина. Ее можно высушивать и вновь смачивать водой, и она каждый раз при новом смачивании будет вновь принимать свое прежнее коллоидальное состояние; она по своим свойствам вполне напоминает растительные слизи и камеди.

Кроме того, еще одно свойство резко отличает ее от других минеральных коллоидов: последние при фильтровании остаются на фильтре, не проходят через поры бумаги, тогда как глина легко проникает через поры бумаги, и профильтрованная жидкость [бывает в последнем случае] так же мутна, как первоначальная.

Под микроскопом Шлёзингу не удалось открыть каких-либо форменных элементов в мутной от присутствия глины воде, поэтому он ее охарактеризовал как бесформенное вещество.

Но рядом с этим мнением существовало и другое, не проникшее в литературу, мнение бывшего профессора Петровской академии А. А. Фадеева, по которому глина состоит из частичек чрезвычайно малых размеров.

Пытаясь разобраться в вопросе о возможности определения плодородия почв путем лабораторного исследования их, я необходимо должен был столкнуться со способами физического и химического исследования почв. И результаты изучения этих способов были неутешительны. Приходилось начинать

с самого начала, с изучения самих составных элементов почвы, чтобы разобраться в самых противоречивых мнениях об их характере и свойствах. И предлагаемый на обсуждение труд мой[16] составляет часть этой работы, выпустить которую в свет я был принужден несколько преждевременно.

Эти противоречия во взглядах на глину и несовершенство в способах отделения, так же как разногласия во мнениях о химическом составе этого вещества, и заставили меня исследовать это вещество — глину и попытаться найти способ для точного отделения ее от других составных частей почвы.

Те, кому приходилось работать в таких мало исследованных областях, каким представляется почвоведение, где вследствие неточности прежних методов нельзя свободно пользоваться материалом, ранее накопленным, знают, какого труда и времени стоят такие работы.

Как изучить вещество, выделение которого в чистом виде еще составляет нерешенную задачу, и как выделить вещество, свойства которого еще не изучены?

При изучении глины, составляющей составную часть почвы, затруднения еще в огромной степени увеличиваются присутствием перегноя. Отделить его так, чтобы в то же время не изменить химических и физических свойств глины, мы еще не можем, и сам перегной далеко еще не изучен. Обыкновенно предполагают, что он составляет смесь семи различных соединений, характеризованных Мульдером. Мои исследования в этой области, еще не доведенные до конца, показывают, что это вещество гораздо более сложно, и, например, то соединение, которое Мульдер назвал гуминовой кислотой, составляет, по-видимому, тесную смесь, по крайней мере, трех веществ: двух поддающихся кристаллизации и третьего аморфного и, может быть, также сложного. Это черное вещество почвы — перегной находится в такой тесной смеси с глиной, что заставляет даже предполагать существование проблематического минерально-органического соединения.

Хотя мне удалось показать, что большое содержание золы в matière noire [17] Грандо нельзя отнести за счет существования такого минерально-органического соединения, а что большая часть этой золы зависит от присутствия в этом черном веществе глины, но все-таки нельзя отрицать возможности существования таких соединений.

Да и самая глина, — разве мы можем сказать, что мы знаем это вещество, разве оно настолько изучено?

Моя настоящая работа представляет только небольшую часть моих исследований над глиной и механическим анализом почв, ту часть, разработка которой настолько подвинулась вперед, что результаты ее могли быть сведены, и я мог осмелиться предложить ее вниманию интересующихся этим предметом.

В ней я касаюсь только изучения глины со стороны ее физических свойств, и то не всех, а только тех, которые могут иметь отношение к способам отделения глины от других составных частей почвы, тех свойств, которые играют роль при механическом анализе почв.

Исследование других физических свойств глины и изучение ее химической природы и свойств еще не доведено мною до такой полноты, чтобы я мог решиться представить их вниманию ученого мира.

Я не раз говорил о трудности подобных исследований, о той страшной затрате силы, энергии, терпения и времени, которых требует изучение таких сложных веществ и запутанных явлений, и невольно поэтому возникает скептический вопрос, нужна [ли] эта трата энергии и времени и каков может быть результат этой траты?

Оставляя в стороне интерес всякого изучения и то удовлетворение, которое оно приносит само по себе, как всякое изучение, несущее само в себе ту цель, для которой оно производится, и смотря на дело только со стороны утилитарной, на вопрос о том, нужны ли такие работы для дальнейшего

развития земледелия как науки, здесь я не колеблясь отвечу — нужны.

Нужны ли физиологическая химия, анатомия и гистология для изучения и развития физиологии? Нужны! Никто в этом не сомневается. Нужны, чтобы расчленить, разобрать на части, изучить и проанализировать ряд более простых, более элементарных частей и явлений, из которых слагается явление жизни и развитие сложного живого организма и сам живой организм.

А разве почва не такой же организм, разве можно назвать в строгом смысле мертвой эту сложную комбинацию минеральных и органических веществ, в которой никогда ни на минуту нет состояния покоя, которая насквозь проникнута жизнью и живыми существами, которая сама дает жизнь и в которой состояние покоя и неподвижности есть состояние смерти?

Если нужна физиологическая химия для развития физиологии, нужна и агрономическая химия для развития агрономии.

Если нужна гистология для развития той же физиологии, нужен и механический анализ почвы, расчленяющий ее на составные элементы, изолирующий их и дающий возможность подробного изучения этих частей — органов почвы.

Тяжелы такие работы, узки, специальны они, долгого времени требуют для достижения даже самых ничтожных результатов, но достаточно для работника и того сознания, что в общем соте есть капля и его меда.



ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ [18]

Еще в 1888 году исследование ряда почв, произведенное мною по поручению А. Д. Коршунова,* натолкнуло меня на вопрос о возможности суждения о плодородии почв при помощи лабораторного исследования их. Благодаря любезности А. Д. Коршунова, я имел в распоряжении подробные результаты статистических исследований об урожайности этих почв, сведения, за качество которых ручается имя руководителя этих исследований.

При сопоставлении химических и физических свойств этих почв с данными об их урожайности оказалось, что причинная связь между теми и другими выражается, так сказать, только намеками и, если не оставлять почвы строго логического рассуждения, это сопоставление позволяет лишь догадываться о существовании такой связи; а между тем теоретические соображения неизменно приводят к необходимости существования ее. При дальнейших исследованиях и сопоставлениях такого же характера связь между двумя группами явлений, которая в теории была до очевидности ясна, неизменно оказывалась все такой же неуловимой. Это постоянство характера этих выводов навязывало заключение о существовании постоянной причины, которая ее обусловливает. Поводов искать

* Заведующего статистическим бюро Казанского губернского земства.

эту причину в несовершенстве статистических сведений не было, тем более, что такого же рода результаты получались и для немецких почв, с которыми я работал. Мало вероятности было, чтобы одно и то же качество сопутствовало сведениям, полученным из таких разнообразных источников. Гораздо проще и естественнее было искать эту причину в тех методах, которые служили для исследования почв, тем более, что они одни оставались во всех случаях неизменными. Все это заставило меня предпринять сложную работу о возможности суждения о плодородии почв помощью физико-химических исследований их.

При критическом разборе методов, служащих в настоящее время для научного исследования почв, мне с первых же шагов пришлось столкнуться с несовершенством их. Это в огромной мере затруднило и осложнило задачу. Результаты исследований, накопленные раньше, не могли служить мне в этой работе; они оказались материалом неоднородным и несравнимым, и все нужные данные мне пришлось накоплять самому; этот большой труд осложнился еще тем, что пришлось заняться выработкой таких способов исследований, которые давали бы, по возможности, результаты однородные, сравнимые.

Материал, накопленный до настоящего времени, отчасти благодаря помощи студентов Петровской академии, работавших под моим руководством, хотя и позволяет сделать многие небезинтересные заключения, но еще не настолько разработан и полон, чтобы дать право сделать на основании его строго научные выводы, и без точной проверки этих заключений я не решусь предложить их вниманию интересующихся.

В настоящей статье я излагаю только небольшую часть этой работы, как бы в виде предварительного сообщения, и делаю это с глубоким сознанием ее многочисленных промахов и недочетов. Но кто не знает, с какими усилиями и трудностями сопряжены работы в таких молодых науках, как почвоведение, где приходится самому прокладывать дорогу по не исследо-

ванным еще областям и столько раз возвращаться назад и начинать все сначала. Если к этим обычным трудностям прибавить, что как в Мюнхене у профессора Э. Вольни, где я работал над этой задачей четырнадцать месяцев, так и в Петровской академии мне приходилось начинать с устройства лаборатории, то, может быть, все эти трудности, с которыми мне приходилось бороться, послужат к оправданию надежды, что читатели снисходительно примут эту работу.

Несколько ранний выход в свет этой статьи был обусловлен, с одной стороны, обстоятельствами совершенно частного характера, которые, однако, не вынудили бы его, если бы, с другой стороны, мною не руководило желание удовлетворить частным [частым?] просьбам сообщить подробности того способа механического анализа почв, который я употребляю при своих работах. Кроме того, несколько примеров удачного применения этого способа при решении вопросов научного земледелия возбудили во мне желание узнать о нем мнение более обширного круга людей, интересующихся этим вопросом, и надежду получить от них указания на промахи и несовершенства, так легко ускользающие от внимания, долгое время занятого одним предметом. Наконец, вместе с этим горячим желанием помощи у меня таилась маленькая надежда, что, может быть, мой слабый труд, несмотря на все его недостатки, послужит кому-нибудь на пользу хотя бы тем, что предостережет его от тех ошибок, которые составляют уже горький опыт другого.

Эти искренние желания и надежды руководили мною при издании этой статьи, и всякое замечание и указание тех, кто снизойдет до желания сделать мне их, будет принято мной с полным вниманием и глубокой признательностью.

В. Р. Вильямс

Петровская академия.
1893 г., ноябрь, 24



ВВЕДЕНИЕ

Задача механического анализа почвы сводится обыкновенно к разделению последней на группы частиц различной крупности. Почва представляет тело сыпучее. Но, несмотря на ее видимое однообразие, которое бросается в глаза при поверхностном осмотре, простого внимательного наблюдения достаточно, чтобы убедить всякого, что почва составляет смесь нескольких разнородных тел. Этот сложный состав почвы еще яснее выступает, если размешать небольшой комок ее с водой и сливать мутную воду, заменяя последнюю свежей; тогда почва совершенно ясно разделится на две резко различные группы тел: ту, которая не унесена водой — песок различной крупности, и ту, которая в виде мути вымыта из нее водой — «глину». Таковы названия, которые обыкновенно придают этим главным составным частям почвы, и без взаимного присутствия обоих этих тел немыслимо существование почвы в природе. Кроме этих двух составных частей, почва может содержать еще органическое вещество, в виде перегноя и в виде не разложившихся еще органических остатков, и растворимые в воде соли. Определение количественного содержания этих последних двух составных частей почвы составляет задачу химического анализа. Разделение же и количественное определение содержания двух первых групп составных частей составляет предмет механического анализа почв.

Изучая почву, можно рассматривать ее или независимо от ее отношений к окружающей природе и, независимо от ее утилитарного значения в жизни человека, исследовать как

всякое другое естественно-историческое тело, и такое изучение ее составит предмет педологии.

Или же в основание почвоведения можно положить отношение почвы к сельскому хозяйству, в котором она играет такую выдающуюся роль. В настоящей статье мы будем рассматривать почву с этой последней — агрологической точки зрения.

Для своего успешного произрастания сельскохозяйственные растения требуют определенных условий, большая часть которых, прямо или косвенно, зависит от свойств и качеств почвы и от ее положения. Эти-то свойства и качества почвы, благодаря присутствию которых создается известная, благоприятствующая жизни сельскохозяйственных растений, обстановка, и обращают на себя главное внимание почвоведа-агролога.

Свет, питательные вещества, теплота и влага суть те условия, без которых немыслимо существование и развитие растений.

Из этих четырех факторов жизни растений один лишь свет используется ими независимо от свойств почвы; он притекает извне и улавливается надземными органами растений помимо почвы, и роль последней в изменении условий инсоляции растений ограничивается влиянием ее положения по отношению к горизонту и странам света на бо́льшую или меньшую интенсивность освещения растений. Всякое другое посредничество почвы между растением и светом, благодаря своей ничтожной величине, почти ускользает от наблюдения.

Несравненно бо́льшую роль играет почва по отношению к питательным веществам, необходимым растению. Лишь часть этих веществ доставляется растению, независимо от почвы — из воздуха, это угольная кислота и кислород. Все другие доставляются почвой или через ее посредство.

Чуть не единственным источником питательных веществ, находящихся в почве, являются те породы, из которых образовалась почва. Но в горных породах эти вещества находятся

в состоянии, недоступном усвоению растений [растениями] или доступном лишь с трудом и не всем растениям. Под влиянием причин, обусловливающих выветривание горных пород и образование почв, эти питательные вещества переводятся в более усвояемое состояние. При своем выветривании породы разрушаются, обращаются в рыхлое сыпучее тело — почву, состоящую частью из продуктов разложения материнской породы, частью же из обломков этих пород, не подвергшихся химическому изменению и носящих, в зависимости от своей величины и формы, названия: то камней, то хряща или гравия, наконец, песка или пыли. Так как эти продукты выветривания представляют не что иное, как ту же раздробленную материнскую породу или отделенные друг от друга составные части ее, подвергшиеся большему или меньшему измельчению, то и питательные вещества, заключающиеся в них, остаются так же мало доступными растению, как и в первоначальной породе. Понятно, что с измельчением породы возрастает и ее растворимость, и, вместе с тем, казалось бы, растет и доступность для растений, а следовательно, и значение этих, различных по своей крупности, продуктов выветривания, как веществ, доставляющих пищу растениям. Но это обстоятельство в значительной степени парализуется следующим. Кроме простого измельчения, породы при своем выветривании подвергаются еще глубоким внутренним изменениям — химическому выветриванию, и этим изменениям подвергаются особенно сильно те минералы, составляющие породы, которые отличаются сложным составом, сравнительно большей растворимостью и своей большей доступностью корням растений, тогда как кварц, составляющий важную составную часть пород, подвергается химическому выветриванию лишь в ничтожной степени. Вследствие этого вместе с измельчением пород и увеличением их поверхности, на которую действуют агенты химического выветривания, значительно увеличивается и само выветривание сложных минералов и, таким образом, вместе с измельчением

продуктов физического разрушения пород, они прогрессивно обедняются сложными минералами, доставляющими растениям питательные вещества, и параллельно этому обеднению в них увеличивается содержание кварца. Это обеднение при измельчении пород идет так быстро, что в продукте крупностью от 0,25 мм до 0,01 мм уже почти не заключается других материалов кроме кварца, с небольшой лишь примесью слюды и роговой обманки, — двух пород, до такой степени трудно растворимых, что их значение, как источников питательных веществ для растений, без боязни впасть в грубую ошибку, можно приравнять нулю.

Мы видим, таким образом, что продукты физического разрушения или измельчения пород играют лишь ничтожную роль в деле доставления питательных веществ растениям. Но выветривание горных пород в природе никогда не идет в одном только направлении, а всегда физическому выветриванию сопутствует выветривание химическое, следствием которого является коренное химическое изменение пород, распадение их и образование, с одной стороны, сложных водных силикатов, известных под общим названием «глины», с другой стороны, мелкой кремнеземной пыли и, наконец, растворимых солей, часть которых уносится водой и теряется безвозвратно для почвы.

Рядом с этими процессами происходит заселение образовавшейся рыхлой массы растениями и животными, которые тоже не остаются без влияния на почву, образовавшуюся из пород. Растения, прозябая на почве, своими корнями помогают выветриванию ее, и, вместе с тем, отмирая и разлагаясь в почве, они обогащают ее новым органическим веществом, которое, отчасти под влиянием низших организмов, отчасти благодаря работе червей и насекомых, превращается в перегной, в высшей степени сложное вещество, обязанное своим происхождением, главным образом, веществам, почерпнутым из воздуха или непосредственно, или через посредство почвы, и заключающее

в себе, в соединении с органической материей, все те минеральные вещества, которые растения извлекли своими корнями из обломков разрушенной породы и из продуктов ее химического распадения. Кроме того, при этом разложении растений в почве — всегда остаются в ней не успевшие еще измениться части их, известные в почве под названием грубых органических остатков. Из этих пяти веществ — кремнеземной пыли, растворимых в воде солей, глины, перегноя и грубых органических остатков, первое в деле питания растений никакой роли играть не может, оно совершенно недоступно корням растений. Также и грубые органические остатки не могут служить растениям пищей и составляют только материал для дальнейшего образования перегноя. Что касается растворимых в воде солей, то их в почве остается очень незначительное количество, и притом количество непостоянное, колеблющееся под влиянием многих причин. Они составляют пищу растений, и запас их в почве постоянно обновляется, благодаря разложению органических веществ, при котором они освобождаются, и выветриванию минеральной части почвы. Из только что сказанного вытекает роль перегноя в деле питания растений. Он служит им теми минеральными веществами, которые соединены в нем с органической материей и освобождаются при его разложении.

Но кроме готовых, растворенных в воде солей, растения усвояют питательные вещества и из твердого состояния, нерастворимые в воде, и в таком виде они находятся в почве в преобладающем количестве, в форме сложных водных силикатов, известных под общим названием «глины». Эта глинистая часть почвы и служит главным запасом пищи для растений.

Кроме прямого доставления питательных веществ растениям, почва при этом играет и посредствующую роль. Свободный атмосферный азот усвояется некоторыми растениями при помощи микроорганизмов, живущих на корнях этих растений, и эти мельчайшие организмы могут процветать и успеш-

но усвоять азот воздуха только при известных условиях почвы, допускающих свободный, незатрудненный обмен воздуха в ней и исключающих возможность накопления избыточных количеств влаги. Такую же посредствующую роль играет почва и в дыхании корней. Кислород, кроме надземных частей растения, усвояется также и корнями его; корни дышат, и эта функция безусловно необходима для жизни растений. Более или менее свободный доступ кислорода в почву обусловливается также свойствами этой последней, большей или меньшей степенью плотности слегания ее частиц — величиной промежутков между ними, скважностью почвы. В почвах некультурных, диких скважность и, следовательно, способность почвы к проветриванию зависит от крупности почвенных частичек, которая обусловливает собой величину промежутков между ними. В почвах же культурных, приводимых обработкой в комковатое состояние, она зависит не только от величины скважин в комочках, но, главным образом, от того, насколько почва способна принимать комковатое строение и, что особенно важно, удерживать его. Эта способность почвы принимать комковатое строение зависит от тех отношений, в которых содержатся в ней две главные составные части ее — песок и глина, и от того, насколько последняя пропитана перегноем. Прочность же строения почвы зависит прямо и исключительно от количества перегноя в ней.

С другой стороны, количество воздуха, проникающего в почву и циркулирующего в ней, зависит также от отношения почвы к влаге. Чем большее количество воды вмещает почва в своих промежутках, с чем большей силой она удерживает эту воду и чем труднее последняя в ней обращается и передвигается, тем меньше воздуха может проникнуть в почву, тем труднее он в почве обновляется и тем в худших условиях дыхания находятся корни растений, растущих на такой почве (условия произрастания на болотах). Эти отношения почвы к воде обусловливаются, кроме ее положения, также механическим

составом ее, количеством мельчайших глинистых частиц, в ней заключающихся, ее способностью образовать комковатую массу и удерживать приобретенное строение.

Способствуя этими физическими свойствами свободному доступу и обмену воздуха в своей среде, почва тем не только удовлетворяет потребности растений в таком важном для них веществе, как кислород, но одновременно создает условие, без которого невозможен так называемый химизм почвы. Под влиянием того же кислорода совершается разложение органических остатков в почве, обогащение ее перегноем; в присутствии того же, безусловно необходимого, агента совершается дальнейшее разложение перегноя и обогащение почвы легко усвояемыми растением соединениями, и все под тем же влиянием воздуха и продуктов разложения органического вещества, обязанных своим присутствием в почве тому же воздуху, происходит усиленное выветривание минеральных частей почвы, обломков горных пород и новое обогащение почвы легко усвояемой растениями пищей.

Таково в кратких чертах значение почвы в деле доставления растениям питательных веществ.

Влияние третьего фактора растительной жизни — теплоты на растение подвержено в еще большей степени влиянию почвы. Конечно, источник теплоты лежит вне почвы, и последняя не может иметь никакого значения [влияния] на приток этого агента, ибо собственная теплота земли и теплота, развивающаяся от химических процессов в почве, так ничтожны, что никакой заметной роли играть не могут. Но использование того наличного количества теплоты, которое притекает к растению, в огромной мере зависит от почвы.

Тепловые лучи, проникая [проходя через] воздух, нагревают его в сравнительно ничтожной степени, как среду теплопрозрачную; своей теплотой воздух обязан овеваемой им почве, передающей ему в силу теплопроводности часть той теплоты, которую она поглощает из солнечных лучей.

Растение развивается одновременно и в той и в другой среде и для своего развития требует известных тепловых условий как в почве, так и в воздухе. Как бы ни согрелся воздух, растение не может развиваться даже в малейшей степени, если почва холодная; ниже известной температуры корень растения отказывается принимать воду, и это кладет предел всем функциям растительного организма. В свою очередь, при известной минимальной температуре и листовые органы растения прекращают свою деятельность, и развитие растения опять останавливается.

Таким образом, пока не согреется почва, а вместе с нею и корни растения, оно не может развиваться, и, с другой стороны, пока воздушные органы не достигнут известной степени теплоты, развитие растения также невозможно. Но температура воздушных органов растений, несмотря на то, что они нагреваются прямыми солнечными лучами, зависит всецело от окружающей их среды, ибо если эти органы находятся в холодном воздухе, то как бы велик ни был приток солнечной теплоты, они до тех пор будут отдавать, в силу теплопроводности, свою теплоту атмосфере, пока температура их и окружающего воздуха не сравняется, и особенно большой величины эта потеря достигает тогда, когда атмосфера содержит значительное количество паров воды. Мы уже видели, что температура воздуха зависит почти всецело от того, насколько согрелась почва, и, таким образом, воздушные органы растения до тех пор не будут находиться в благоприятных для своего развития условиях теплоты, пока не согреется почва и вместе с нею и воздух, омывающий ее.

Большая или меньшая способность почвы нагреваться зависит до известной степени от цвета почвы и связанного с ним свойства ее поглощать или отражать тепловые лучи, от ее теплопроводности и теплоемкости.

Но главнейшим образом температура почвы обусловливается отношениями этой последней к воде и количеством влаги,

заключающейся в почве. Испарение воды из почвы является главным фактором, обусловливающим ее температуру. Когда почва содержит большое количество влаги и обладает способностью быстро возобновлять в верхних своих слоях то количество влаги, которое теряется испарением, она не может значительно согреться, ибо огромное число единиц тепла переходит в скрытое состояние при испарении с ее поверхности воды. Поэтому названия холодной почвы и сырой почвы стали в общежитии и в сельскохозяйственной практике синонимами. Кто не знает, что тяжелым глинистым почвам обыкновенно придают название холодных, в противоположность теплым, легким суглинистым и супесчаным почвам и горячим песчаным? Эти термины, характеризуя собой тепловые свойства почв, вместе с тем характеризуют и их отношения к воде настолько, что в уме произносящих их они неразрывно связаны с этими отношениями — холодная мокрая глина, теплый потный суглинок и горячий сухой песок.

Уже в самых терминах этих замечается стремление связать отношения почвы к теплу и к влаге с их механическим составом. Действительно, почвы, в состав которых входит большое количество мелких частиц — мелкой пыли и глины, обладают способностью поглощать большие количества воды и передавать ее на большую высоту, заменяя с избытком то количество воды, которое испаряется с ее поверхности. Почвы же песчаные, крупнозернистые, сами по себе могут содержать мало воды и не обладают способностью мелкозернистых почв передавать на большую высоту воду из нижних слоев, и в них не только быстро испарится то незначительное количество воды, которое они заключали в верхнем слое, но и возобновление испаренной воды из нижних слоев скоро прекратится; вместе с тем в них скорее, чем в почвах глинистых, прекратится и потеря поглощаемой ими солнечной теплоты на испарение воды, и в силу теплопроводности они передают эту теплоту как в свои нижние слои, так и омывающему их воздуху.

С теоретической точки зрения все факторы жизни растений одинаково важны; жизнь и развитие растения не только невозможны в отсутствие хотя бы одного из них, но даже при недостатке или при избытке в количестве которого-нибудь оно не может воспользоваться в полной мере количеством других факторов; растение будет угнетено, и развитие его не может достигнуть полной силы до тех пор, пока хотя бы один из факторов находится в количестве, не удовлетворяющем потребности в нем растений или превышающем эту потребность.

Но в практике сельского хозяйства этот закон равноценности факторов растительной жизни получает несколько иное выражение. Далеко не везде и не всегда все факторы находятся в наличности в необходимом благоприятном количестве. Свет стоит в большой сельскохозяйственной практике почти вне всякого контроля человека, и поэтому ничего другого не остается делать, как приспособляться к наличному количеству его в данной местности, чему способствует то обстоятельство, что приток этого фактора из года в год подвержен лишь малым колебаниям. Это приспособление выражается отчасти в выборе сельскохозяйственных растений, могущих мириться с имеющимися световыми условиями, отчасти же в применении некоторых культурных мер, в зависимости от местных условий.

Лишь в немного различных условиях стоит сельское хозяйство в своих отношениях к теплу. Приток его извне также не подчиняется контролю человека, и все заботы о нем, кроме приспособления культуры к тепловым условиям данной местности, сводятся к созданию такой обстановки, при которой наличное количество его могло бы использоваться возможно полно, заботы, применение которых возможно благодаря посредствующему значению почвы при утилизации этого фактора растением. Что касается колебаний, которым подвержен количественный приток этого фактора во времени, то они гораздо сильнее, чем изменения в количестве света, но, благодаря независимости этих колебаний от воли человека и почти полной

невозможности искусственно регулировать количество тепла в больших размерах, сельское хозяйство является и тут совершенно беспомощным в борьбе с притоком этого агента. Таковы свойства этих двух факторов, которые обусловливаются их стихийным характером.

Колебания в количестве питательных веществ и воды уже не представляются, в сущности, такими роковыми неизбежными явлениями в сельском хозяйстве. Количественные изменения в наличности этих двух факторов часто оказываются во власти человека.

Запас питательных веществ в почве подвергается очень большим колебаниям. Даже рядом лежащие почвы могут сильно различаться по количественному содержанию питательных веществ. Но пополнение недостатка в этих веществах не представляет больших технических затруднений, благодаря абсолютно небольшому количеству их, которое необходимо для развития растений. Кроме того, этот запас питательных веществ подвержен в одной и той же почве лишь небольшим случайным колебаниям во времени, и изменение этого количества совершается с большей постепенностью; поэтому искусственное внесение питательных веществ в почву составляет задачу, решение которой зависит только от экономической обстановки, в которой ведется хозяйство.

Более сложными условиями обставлены отношения сельского хозяйства к воде. Величина запаса ее, предоставляемого в распоряжение растений, колеблется не только в зависимости от местности, но в очень сильной степени изменяется также в различные времена года, и количество ее, притекающее из года в год извне, меняется также в широких пределах. При этом абсолютная величина потребности воды [в воде], необходимой для жизни растений, в очень много раз превышает величину их потребности в питательных веществах, и это часто рождает огромные технические затруднения при пополнении ее недостатка. Благодаря этой огромной потребности растений

в воде искусственная доставка ее далеко не всегда является лишь простой задачей экономического характера, как это бывает обыкновенно в деле внесения питательных веществ в почву. В местности, снабженной естественными водоемами, эта доставка действительно часто может быть задачей очень простой, но там, где проводить воду приходится на большое расстояние или, где за недостатком естественных водовместилищ, приходится прибегать к устройству искусственных, там уже эта задача часто принимает очень сложный характер. Там же, где нет больших естественных водоемов и где конфигурация почвы или другие условия не допускают устройства искусственных, там задача доставления воды растениям усложняется в огромной степени затруднениями как технического, так и экономического характера и обставлена сложным рядом условий, с которыми приходится считаться хозяину. Таким образом, вследствие того, что приток влаги не является таким стихийным неизменным фактором, как приток света, и благодаря тому, что количество ее не составляет такого рокового условия, как количество тепла, изменить которое не в силах человек, благодаря этой возможности борьбы с условиями притока влаги и вследствие того, что очень часто эта борьба сопряжена с гораздо большими затруднениями, чем регуляция питания растений, этот последний фактор растительной жизни — вода в сельскохозяйственной практике чаще всего и во многих местах бывает самым важным из всех других; и забота об обеспечении им растений в необходимом количестве и составляет одну из главнейших задач как сельскохозяйственной науки, так и практики сельского хозяйства.

Мы видели, что приток света и тепла к растению находится в таких условиях, которые исключают почти всякую возможность влияния человека на количество их, доставляемое растению, и что сельское хозяйство поставлено в необходимость приспособляться к их наличности в данной местности. Эти свойства их обусловливают то, что в каждодневной практике

сельскому хозяйству приходится активно считаться лишь с двумя другими факторами жизни растений, которыми оно до известной степени может управлять, и только взаимные отношения между растениями и этими двумя факторами — водою и питательными веществами имеют практически важный интерес для сельского хозяйства.

В этих отношениях может быть несколько комбинаций. [Одна из них]: оба фактора находятся в достаточном количестве, и в этом случае растение процветает; но подобная комбинация встречается чрезвычайно редко в действительности, разве в некоторых странах тропического мира, и то не во всякое время и далеко не везде. Гораздо чаще сельскому хозяйству приходится иметь дело с другими двумя комбинациями, когда эти факторы жизни растений находятся в недостаточном количестве или когда они находятся в количестве избыточном. Обе эти комбинации допускают по два частных случая, и в первой из них может недоставать одного фактора, в необходимом количестве, или обоих факторов. В первом случае чаще бывает недочет во влаге, все по той же причине, что ее растения требуют в очень большом количестве. Во втором частном случае, когда недостает и влаги и питательных веществ, более серьезные затруднения может вызвать опять нужда во влаге, как явление, в борьбе с которым часто могут встретиться и встречаются большие и чрезвычайно сложные затруднения, тогда как устранение недостатка в питательных веществах очень часто зависит только от выгодности применения удобрений.

В обоих случаях той комбинации, когда может встретиться вредный избыток какого-либо одного фактора или обоих факторов сразу, главное значение принадлежит опять влаге, ибо избыток питательных веществ в действительности встречается очень редко и вредным он может оказаться только в том случае, когда питательное вещество, находящееся в излишестве, сильно растворимо в воде; но и это явление часто бывает лишь следствием недостатка влаги, как это наблюдается иногда при внесении

жидких или легко растворимых удобрений в сухую почву и при сухой погоде. Аналогичное явление встречается часто в тех случаях, когда в жаркое время года наступает, повидимому, избыток тепла, но этот избыток лишь кажущийся, и все эти случаи объясняются всегда недостатком влаги. Всего же чаще в сельском хозяйстве приходится иметь дело с вредным избытком воды.

Таким образом, закон равноценности факторов жизни растений на практике почти совершенно маскируется, и место его заступает формула, по которой важнейшим стимулом растительной жизни, важнейшим ее фактором, с которым всегда и везде приходится считаться хозяину, является вода.

И вот в отношениях между этим важнейшим условием жизни растений — водой и самим растением почва играет самую видную роль. Во всех других случаях причины жизни и развития растений проявляют свое влияние на растение только при большем или меньшем посредстве почвы, здесь же она является исключительным промежуточным звеном между растением и влагой. Растение усвояет воду и вводит ее в круговорот своей жизни исключительно при помощи корневой системы; последняя же, развиваясь в почве, из нее только и может удовлетворять свою потребность в воде, и в этом кроется основная причина той огромной и решающей роли, которую играет почва в деле доставления растениям воды.

Вода притекает к растению из атмосферы, но воспользоваться этой водой оно может лишь через посредство почвы, в которой развивается его корень. В природе могут быть три случая в отношениях между потребностью растения в воде и притоком ее из атмосферы. Во-первых, может притекать количество воды, безусловно недостаточное для жизни растений; во-вторых, вода может доставляться растению в количестве, вполне удовлетворяющем его потребность или, так как это представляет случай идеальный, лучше сказать, в небольшом избытке, и, наконец, растение может быть поставлено в такие условия,

когда количество воды, находящееся в его распоряжении, в сильной степени превышает его потребность в ней.

В первом случае для обеспечения развития растений необходима прямая доставка им воды, и такие условия встречаются лишь на ограниченной площади, которая вообще занята культурными растениями, и к культуре таких мест переходят лишь при возможности приведения к ним воды искусственным путем.

Гораздо большей распространенностью в местах, занятых культурными растениями, пользуются другие два случая, когда вода, необходимая для развития растений, доставляется атмосферой в большем или меньшем избытке.

Количество воды, доставляемой растениям из атмосферы, не распределяется равномерно на все время произрастания растений. Да и нужна она растению далеко не в одинаковых количествах в различные периоды его роста. Главная, наиболее интенсивная, потребность в воде совпадает с периодами усиленного развития растением вегетативных органов и его цветения. Постепенно повышаясь до наступления этих стадий, начиная от произрастания, потребность в воде по прошествии этих периодов жизни растений снова начинает падать, достигая своего минимума во время созревания плодов. Эти периоды совпадают с концом весны и началом лета для яровых хлебов и с осенью и весной для хлебов озимых. И до известной степени с этими периодами, отчасти обусловливая их, совпадают и сроки содержания относительно максимальных количеств воды в почве; и к этим срокам, насколько это достижимо, стараются приблизить и критические периоды развития растений, достигая этого регуляцией времени посева, выбором подходящей разновидности и другими культурными приемами.

Максимальное количество воды, выпадающее из атмосферы, обыкновенно совпадает с зимой; но не будучи в состоянии проникнуть в это время года в почву, она в виде снега накопляется на поверхности полей и лишь весной, при таянии снега, может проникнуть в почву. Но в это время она подвержена многим

случайностям, благодаря которым большая часть ее теряется для почвы.

Прежде всего снег, выпавший на замерзшую почву, подвергается действию ветра, который, если поверхность поля представляется ровною и не принято мер к задержанию снега (а принимаются они очень редко, если вообще принимаются когда-либо у нас в России), уносит этот снег с полей и отлагает в виде сугробов около опушек леса, строений и чаще всего сносит в овраги, где он и скопляется массами. Весной эти толщи снега тают, и образовавшаяся вода стекает по оврагам в ручьи и реки, пропадая бесследно для растений. Та часть снега, которая осталась на поверхности почвы, также далеко не всегда может, при своем таянии, проникнуть в нее. Прежде всего это количество снеговой воды, проникающее в почву, зависит от характера весны и отчасти от характера зимы, в продолжение которой он выпал. Только в том случае, когда весна протекает медленно, когда снег тает с большой постепенностью, и образовавшиеся проталины увеличиваются понемногу, не сразу, и почва успеет оттаять на некоторую глубину, прежде чем успел сойти весь снег, она может воспользоваться водой. Но при другом, более обычном у нас течении весны, когда она дружная, быстрая, снег тает с поразительной скоростью, и снеговая вода стекает по наклону замерзшей еще почвы в те же овраги, которые уже зимой поглотили такую массу снега, выпавшего на поля.

Эта потеря снеговой воды еще более увеличивается, если в продолжение зимы были сильные оттепели. Во время такой оттепели выпавший уже снег тает, и образовавшаяся вода проникает через его толщу, доходит до поверхности земли и здесь располагается слоем, который, замерзая, образует ледяную кору. И не нужно очень продолжительной оттепели, чтобы эта кора достигла больших размеров; вода не располагается собственно независимым слоем под снегом, а пропитывает лишь нижние слои снега, заполняя его промежутки, а так как снег под влиянием этой воды сплотняется и скважность

его уменьшается, то даже небольшое количество воды пропитывает собой значительный слой снега и образует толстую ледяную кору. Весной, при таянии снега, лежащего над этой корой, вся снеговая вода без остатка стечет по поверхности этой ледяной покрышки, да и при таянии этой последней большая часть образовавшейся воды стечет по ее поверхности. Такова участь снеговой воды.

Но даже лучшие условия таяния снега не обусловливают собой полного поглощения весенней воды почвою; это только одна сторона явления; другие же причины поглощения почвою воды, образовавшейся при таянии снега, лежат в этой последней. Проникновение воды в почву зависит как от характера ее, так и от состояния ее поверхности. Почва, не содержащая большого количества мелких и глинистых частичек или хотя бы и тяжелая, но обладающая рыхлым комковатым строением, будет в состоянии быстро вбирать в себя приводимую сверху воду и вмещать ее в больших количествах; таким же свойством обладает и крупнозернистая песчаная почва, и в этих случаях большое количество воды, образующейся при благоприятных условиях таяния снега, может проникнуть в почву и не вся успеет стечь по ее поверхности. В случае же почвы очень мелкозернистой или глинистой, не обладающей притом рыхлым комковатым строением, вода не передается сверху вниз с достаточной скоростью, и такая почва не в состоянии спасти большей части снеговой воды от стекания. Такое же явление случится, если почва хотя и имеет рыхлое комковатое строение, но не обладает достаточной прочностью его и под влиянием воды быстро утрачивает свой комковатый характер — заплывает; тогда этот заплывший слой почвы с раздельнозернистым строением будет служить изолирующим слоем между водой, образующейся сверху от таяния снега, и почвой; движение воды в этом слое происходит так медленно, и он передает воду нижним еще комковатым слоям с таким трудом, что влага, не будучи в силах быстро проникнуть [через] эту преграду,

стечет в больших количествах по ее поверхности. Таким образом, впитывание той части снеговой воды, которая могла бы, благодаря условиям таяния снега, проникнуть в почву, всецело зависит от механического состава почвы, от ее строения и от прочности этого строения; эти же два последних свойства, в свою очередь, определяются опять-таки механическим составом почвы, с одной стороны, и количеством перегноя в ней — с другой.

Благодаря такому большому числу условий, которыми обставлено успешное проникновение снеговой воды в почву, и тому обстоятельству, что многие из них совершенно не подчиняются влиянию человека, нельзя надеяться на исключительное запасание воды почвою во время весеннего таяния снега, а приходится также заботиться о том, чтобы почва вместила в себе возможно большое количество той влаги, которая выпадает в другое, обильное атмосферными осадками, время года — осенью, тем более, что с этим временем совпадает и большая потребность в воде целой категории сельскохозяйственных растений — озимых хлебов. Условия проникновения осенней дождевой воды в почву, в сущности, не отличаются от тех же условий во время весны; от почвы также требуется, чтобы она быстро впитывала выпадающую влагу и не давала ей стекать; следовательно, успешный запас осенней воды в почве также зависит как от механического состава ее и количества перегноя в ней, обусловливающих самое проникновение воды в одних случаях, так и от строения почвы и прочности его, помогающих этому впитыванию в других.

То же касается и успешного использования весенних и летних дождей почвою, с той разницей, что ввиду того, что летом и весной дожди чаще имеют характер ливней, при которых большое количество воды выпадает в короткий промежуток времени, и притом капли дождевой воды падают с большей силой, оба свойства почвы — быстро вбирать влагу и сохранять свое строение даже под ударами больших капель воды —

должны быть выражены с еще большей интенсивностью, чем это необходимо для использования осенней влаги.

Таким образом, благодаря обстановке, при которой атмосферная вода проникает в почву, и самим свойствам почвы, обусловливающим возможность этого проникновения, далеко не все то количество влаги, которое выпадает, может быть использовано растением, и значительное количество ее пропадает безвозвратно. Это обстоятельство в еще большей степени увеличивает в практике сравнительное значение воды как фактора жизни растений, обусловливая собою то, что даже в тех случаях, когда количество воды, притекающее из атмосферы, могло бы с избытком покрыть потребность растений в ней, вода все-таки оказывается в недостаточном количестве, благодаря большим потерям, которым она подвержена до своего проникновения в почву.

Но и после того, как почва впитает в себя воду, последняя не обеспечена в ней от крупных потерь, и той массой ее, которая успела проникнуть в почву, не может еще измеряться то количество воды, которое находится в распоряжении растений.

Повинуясь силе тяжести, вода, попав в верхние слои почвы, тотчас начинает опускаться по скважинам ее в нижние слои все глубже и глубже, пока не встретит слоя непроницаемого, над которым она скопляется, и тогда начинает двигаться по направлению этого слоя, выходя иногда вновь на дневную поверхность земли в виде ключа, источника, ручья или болота, или же скопляется в котловинах этого непроницаемого слоя в виде неподвижной грунтовой воды. Это движение воды в нижние слои будет продолжаться до тех пор, пока вода в верхнем слое будет наполнять промежутки — скважины почвы, которые обладают настолько большим поперечником, что развивающаяся в них сила волосного притяжения воды не будет достаточно велика, чтобы быть в состоянии превозмочь силу тяжести, влекущую воду вниз. Таким образом, чем шире скважины почвы

и чем больше таких широких скважин содержится в ней, тем скорее и тем в большей степени обеднится почва водою, ушедшей в нижние слои, недоступные корням растений. И это свойство, завися от ширины и количества скважин почвы, вместе с этими последними зависит от ее механического состава, от большего или меньшего содержания в ней крупных частичек песка и содержания глины. С другой стороны, как только прекратилось поступление воды в почву извне, в ней тотчас же устанавливается еще один источник потерь, это — испарение воды из почвы. Как только вода перестанет заполнять поверхностные скважины почвы, ее испарение подчиняется вполне качествам последней, с поверхности которой она испаряется. Это испарение воды происходит только из самых поверхностных слоев почвы и находится в зависимости от состояния этих последних и от их отношений к нижеследующим слоям. Если строение почвы таково, что она представляет равномерный раздельнозернистый слой на всю свою толщу, в котором движение воды кверху совершается беспрепятственно, другими словами, если она не представляет комковатого строения, то испаряющаяся с поверхности ее вода может заменяться беспрепятственно водой из нижних слоев, и тогда потеря воды испарением из всей толщи почвы происходит безостановочно. Другое явление происходит, если почва в верхнем своем слое представляет комковатое строение; тогда передвижение воды вверх из комка в комок в чрезвычайной степени затрудняется, и усиленная потеря воды испарением из такой почвы происходит только до тех пор, пока верхний слой настолько влажен, что может отдавать воду воздуху; как только этот слой высох, тотчас же испарение из почвы падает до очень незначительной величины, ибо передача воды из нижних слоев в верхний испаряющий, благодаря его комковатости, чрезвычайно затруднена. Следовательно, и эта способность почвы к потере воды испарением всецело зависит от механического состава почвы и содержания в ней перегноя, ибо от них зависит та или другая

плотность слегания частичек почвы и ее способность принимать и сохранять комковатое строение.

Так влияет плотность и комковатость почвы на испарение воды из нее. Но в почвах, содержащих большие количества глины и мало перегноя и песка, возможно, и часто встречается в практике сельского хозяйства, строение, образованное сплошной массою глыб, часто даже весь пахотный слой такой почвы после вспашки обращается в груду глыб. В этом случае каждая глыба представляет плотнозернистое строение, и влага, испаряющаяся с ее поверхности, легко и беспрепятственно заменяется новыми количествами, притекающими благодаря волосности от центра глыбы к ее периферии; испарение же с поверхности такой почвы очень велико, благодаря беспорядочному нагромождению глыб, которые беспрепятственно омываются, воздухом, и иссушение такой почвы достигает крайних пределов в своей быстроте и совершенстве.

Таким образом, опять в зависимости от механического состава и строения почвы количество воды, находящейся в ней и могущей служить растению, претерпевает новое уменьшение, и несмотря на то, что количества воды, выпавшего на почву, с избытком хватило бы на удовлетворение потребности в ней растений, эти огромные потери могут уменьшить его, да большею частью и уменьшают, до того, что этот фактор будет находиться в состоянии минимума.

При некоторых условиях, именно в почвах мелкозернистых, в силу большой волосности поднимающих воду на большую высоту, некоторая часть потери воды, происходящей благодаря просачиванию вниз в то время, когда в почве находится избыток воды, может быть пополнена волосным поднятием последней снизу. Но это поднятие имеет значение лишь в том случае, когда грунтовая вода не лежит слишком низко и когда волосное движение воды в почве происходит с достаточной быстротой и на достаточную высоту, зависящих опять-таки от механического состава почвы; почва песчаная, которая быстрее других

освободится от воды, проникшей в нее сверху, не будет в состоянии возвратить эту воду назад растению; в почве очень мелкозернистой это передвижение воды вверх будет итти слишком медленно, и практическую важность такая подача воды снизу будет иметь только в почвах среднего состава, без большого избытка песка и глины.

Но и то количество воды, которое остается в почве, за исключением всех перечисленных потерь, все-таки не представляет еще собою всего количества ее, находящегося в распоряжении растений; корни последних могут отнимать воду лишь до известной степени иссушения почвы, и раз этот предел достигнут, почва уже не отдает [ни] малейшей частицы воды растению. Так что этот значительно истощенный запас воды должен быть еще уменьшен на некоторую величину. Эта величина для различных почв чрезвычайно различна и стоит в прямой связи с механическим составом их. Почвы песчаные, крупнозернистые удерживают такой воды сравнительно небольшое количество, но оно постепенно увеличивается с возрастанием в почве содержания глинистых частичек, и в тяжелой глинистой почве это количество воды, удерживаемое с такою силой, что растение не может отнять ее, в несколько раз превосходит то, которое в состоянии удержать песчаная почва.

Под влиянием всех этих причин, действующих везде одновременно, количество воды, которым располагает растение во время своего роста, несмотря на избыточное количество выпадающей влаги, не везде и далеко не всегда бывает настолько велико, чтобы обеспечить потребность в ней растений и дать другим факторам, находящимся в достаточном количестве, возможность проявить свое действие.

Влияние почвы здесь настолько велико, что сплошь и рядом встречаются местности, которые почти ничем не отличаются друг от друга в климатическом отношении и лишь обладают различными почвами; а между тем в одних растения, могущие воспользоваться, благодаря почве, достаточным количеством

выпадающей влаги, процветают и дают обильный урожай; в других же, благодаря огромным потерям влаги, происходящим вследствие свойств их почв, растения страдают от засух из года в год. *

Последний случай в отношениях растений к воде тот, когда влага притекает в количествах, сильно превышающих потребность растений. При этом условии в почвах сильно пористых, вследствие того, что они состоят из частиц крупнозернистых или же обладают прочным комковатым строением, избыток воды будет быстро уводиться в нижние слои, и растения, вполне удовлетворяя своей потребности во влаге, не будут страдать от избытка ее. В таких условиях находятся крупнозернистые песчаные и хрящевые почвы горных местностей, чрезвычайно обильных атмосферными осадками, но, несмотря на это обилие воды, растения на таких почвах не страдают от избытка влаги, и на них вместе с тем роскошно развиваются очень требовательные к количеству воды в почве многолетние кормовые злаки.

Но где почва при таких условиях влаги обладает мелкозернистым строением или содержит большое количество глины и благодаря этому с трудом передает воду в нижние слои, там этот избыток влаги проявляет свое вредное действие на растение, понижая сильно температуру почвы, вытесняя из скважин ее воздух и лишая корни необходимого им кислорода; вместе с этим, благодаря отсутствию последнего и присутствию органического вещества, в такой заполненной водою почве начинаются нежелательные химические и биологические процессы. Органические остатки, разлагаясь, дают не пресный перегной, а кислый болотный, и минеральные вещества такой почвы претерпевают глубокие изменения, появляются процессы

* Прекрасные примеры такого влияния почвы приведены П. А. Костычевым в протоколах заседаний Ботанической секции VIII съезда русских естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге. 1890 г., стр. 37 и след.

раскисления, и в ней образуются вещества, прямо ядовитые для корней культурного растения.

Таково в общих чертах влияние почвы на отношения между растением и водой.

Вспоминая все сказанное в настоящем разделе, нельзя не заметить, что всюду, при всестороннем влиянии почвы, как прямом, так и косвенном, на отношения между растением и факторами жизни его, резко выделяется зависимость этого влияния от механического состава почвы и от содержания в ней перегноя и питательных веществ.

Посредствующим значением между факторами жизни растений и самими растениями почва обязана своим физическим свойствам. Ее строение, волосность, влагоемкость, скважность и проницаемость обусловливают ее отношения к воде. Имея сами по себе огромное значение в жизни растений, эти отношения почвы к воде, в свою очередь, обусловливают в большой степени отношения ее к теплоте и состоянию питательных веществ в ней. Ее скважность и те же отношения к воде опять играют главную роль при способности почвы проветриваться и доставлять кислород, необходимый не только для дыхания корней, но служащий вместе с тем причиной целого ряда очень важных процессов, которые обусловливают собою химизм почвы и дают материал для питания растений.

Эти физические свойства почвы, определяющие ее отношения к агентам растительной жизни — ее строение, волосность, влагоемкость, скважность и проницаемость, в свою очередь, все без исключения зависят и являются непосредственным следствием ее механического состава, под которым разумеют относительное содержание в почве частичек или крупинок различной величины.

В основании сельскохозяйственной оценки и классификации почв лежит доходность последней. Обусловливаясь, с одной стороны, рядом причин чисто экономического характера, доходность почвы, с другой стороны, зависит прямо от ее плодородия. Это последнее находит себе выражение в способности

почвы производить тот или другой урожай любого из разводимых на ней растений. Являясь, таким образом, органически связанным с развитием культурного растения, плодородие почвы, очевидно, должно быть также неразрывно связано и с причинами этого развития и является как бы выражением комбинации посредствующих влияний между растением и всеми агентами жизни его.

Мы видели, что источники почти всех агентов растительной жизни лежат вне почвы и, кроме того, количества их, притекающие к почве и растению, подвержены значительным колебаниям как во времени, так и в пространстве; поэтому и оценка плодородия почвы не может иметь абсолютного характера, а непременно приспособлена к данной местности и к средним условиям этой последней — условиям, выражающимся в притоке света, теплоты и влаги и в той возможности искусственно влиять на содержание питательных веществ в почве, которая определяется экономической обстановкой хозяйства.

Имея постоянно в виду это качество всякой оценки почвы, мы можем сказать, что плодородие почвы оценивается присутствием в ней тех свойств, которые дают ей возможность в большей или меньшей степени выполнить свою роль посредницы между культурным растением и факторами его жизни. Эти же свойства ее обусловливаются механическим составом, с одной стороны, и содержанием в ней перегноя — с другой.

Таким образом намечается ближайшая, так сказать, утилитарная цель механического анализа и рядом с ним и химического анализа почв.

Первый, указывая на относительное количественное содержание в почве частичек различной крупности, этим дает нам в руки средство судить о физических свойствах почвы, которые обусловлены ее механическим составом, и таким образом позволяет, до известной степени, делать выводы об отношениях почвы к факторам жизни растений, другими словами, позволяет нам в известных границах оценивать ее плодородие.

Второй, указывая на относительные количества содержащихся в почве питательных веществ и перегноя, дает нам возможность судить прямо о количественном содержании в почве того фактора, о котором мы не можем в достаточной мере судить по данным механического анализа, и вместе с тем дополняет наши сведения об элементах почвы, обусловливающих ее физические свойства.

Но почвоведение еще не настолько сложившаяся наука, чтобы позволить безошибочно судить по одному механическому анализу о физических свойствах почвы, так же как и почвенная химия не дает нам еще полного основания по данным химического анализа судить о запасе питательных веществ в почве, и в этой слабости обоих способов суждения о качестве почвы усматривается ясный намек на другую, более общую, менее утилитарную цель механического анализа почвы и опять, рядом с ним, и химического ее анализа — служить целям общего изучения почв, выделить и изолировать составные части этой сложной смеси, чтобы, детально и всесторонне изучив их каждую в отдельности, стать на более твердом основании при изучении сложных и разнообразных комбинаций этих веществ при изучении самих почв.

В этом случае изучение механического и химического состава почв стоит в совершенно таких же отношениях к почвоведению, как анатомия и гистология к физиологии. Как в том, так и в другом случае первые выделяют и изучают отдельные части организма, и только на прочном основании выводов и результатов такого детального изучения частей вторые две науки строят свое обширное здание и лишь при их помощи охватывают и разъясняют смысл и значение сложнейших функций живого и мертвого организма.

Насколько туманны и неуловимы в природе границы между химическими и физическими явлениями, настолько трудно провести и резкую разницу между задачами химического и механического анализов. Выделяя в различные группы и

изолируя частички по их крупности, механический анализ в то же время достигает разделения составных частей почвы на группы, отличающиеся и по своей химической природе, и эти группы, кроме своей роли, как физических агентов почвы, несут в ней и резко различные функции в зависимости от своей химической натуры — как носители питательных веществ для растений.

Таким образом, приемы механического анализа разделяют почву на песок и глину, и роль этих веществ в почве различается не только как агентов, обусловливающих физические свойства почвы, но и как химических деятелей. Как мы увидим далее, средствами механического анализа можно отделить две группы органических тел одну от другой, можно разделить грубые, не перешедшие еще в перегной, органические остатки от самого перегноя; и хотя количественное определение последнего и составляет задачу химического анализа, определение количества первых вполне достижимо приемами механического анализа. С другой стороны, приемы химического анализа, изолируя и определяя в почве вещества, играющие роль или как пищи растений или вообще обусловливающие химизм почвы, в то же время определяют такое вещество, которое, кроме химической роли в почве, имеет и огромное значение как агент, обусловливающий целый ряд физических свойств; при помощи химического анализа определяется перегной в почве.

Наконец, есть и еще одна цель, которой удовлетворяет механический анализ. Эта последняя задача его сводится к подготовлению материала для химического анализа почвы, ибо приемы последнего не в состоянии разделить почву на группы веществ, имеющих различное значение в деле питания растений, а анализируют всю массу почвы в той смеси, в какой она представляется в природе. При этом, производя химический анализ почв, употребляют для суждения о количестве веществ, доступных корням растений, растворители, во много раз превышающие своей растворяющей силой те, которыми пользуются расте-

ния в виде выделения своих корней. Эти сильные растворители переводят в раствор и части той группы веществ, которая недоступна корням растений, осложняя таким образом и без того темные и запутанные наши сведения об усвояемости растениями веществ, растворяющихся при химическом анализе почв.

Механический анализ, выделяя своими приемами эти элементы почвы, недоступные корням растений, в отдельную группу и изолируя их, дает таким образом более однородный материал, и в то же время он изолирует грубые органические остатки из этого материала, определяя их отдельно от перегноя, что не достигается приемами химического анализа, применяемыми независимо от анализа механического.

Более детальное знакомство с этими отношениями между химическим и механическим анализом получится при изучении характера тех веществ, которые изолируются при механическом анализе, и их главных свойств. Рассмотрение этих продуктов механического анализа почв и составит предмет следующей главы.



ГЛАВА I

Не вдаваясь пока в рассмотрение тех приемов, которые употребляются при производстве механического анализа по различным способам, мы постараемся дать в настоящей главе характеристику тех составных частей почвы, разделение и определение содержания которых составляет его задачу.

Мы уже указывали, что, наряду с разделением почвенных частичек на группы по их крупности, механический анализ одновременно достигает и выделения из нее таких веществ, которые отличаются по своему химическому характеру. Эта способность механического анализа давно уже подала повод к разделению почвы на так называемый «почвенный скелет» и «мелкозем» (Feinerde). Но мы пока оставим разбор этих понятий и перейдем к рассмотрению продуктов механического анализа, независимо от характера их природы.

Делений механических элементов почвы — ее частичек на группы по их величине и классификации этих групп было предложено очень много. В настоящей статье мы будем пользоваться тем делением их и той классификацией, которые введены были А. А. Фадеевым при преподавании земледелия в Петровской академии и до сих пор употреблялись в ней при работах студентов по почвоведению. В основание группировки частичек почвы по этой классификации положена, кроме размеров их, также и форма. Величина частичек указана в виде пределов, в которых колеблются размеры их, понимая под последними их диаметр в частицах мелких, близко подходящих к шаробр-

разной или, при чешуйчатости их, к округлой форме; в частичках же более крупных и менее правильной формы — их наименьший диаметр (см. таблицу на стр. 584).

Из этой таблицы мы видим, что частички, составляющие почву, разделяются на четыре крупные группы: на каменистую часть почвы, хрящевую, песчаную и землистую часть. Основание для такой классификации и для названий этих групп взято из каждодневной общежитейской практики. Действительно, частям почвы крупнее 10 мм обыкновенно придают название камней; с названием гравия или хряща, в зависимости от округлой или угловатой формы, мы привыкли соединять понятие о той крупнозернистой части почвы, которая не может быть названа песком, но и мельче камней; наконец, все еще легко заметные невооруженному глазу, частички почвы, резко выделяющиеся по своей крупности из общей массы ее, носят название песка, в отличие от мелкой, повидимому однородной, землистой части. Эта землистая часть почвы, в свою очередь, легко делится на две подгруппы: одну, которая легко уносится водой и отлагается ею в виде ила — иловатую часть, и остающийся мелкий, как пыль, порошок — ее пылеватую часть.

Более детальное разделение этих крупных групп на мелкие сделано на основании физических свойств их. Это деление как в приведенной классификации, так и во всех других не имеет, собственно говоря, строгого, фактически проверенного, основания и произведено, до известной степени, наглаз. Такое детальное подразделение может вытекать, как следствие, из подробного изучения физико-химических свойств отдельных мелких групп частичек, изучения, произведенного по методам, дающим строго сравнимые результаты; но, к сожалению, таких подробных исследований еще не произведено в достаточном количестве. Причина этого лежит в несовершенстве приемов разделения почвенных элементов. Разделенные такими несовершенными способами, эти продукты являются неоднородными, и, благодаря этому качеству, результаты их исследований

Таблица классификации механических элементов почвы по А. А. Фадееву

Название групп		Название частичек	Форма частичек	Пределы величины частичек
Каменистая часть почвы		Камни	Угловатая	Крупнее 10 мм
		Гальки	Округлая	
Хрящевая часть почвы		Хрящ крупный	Угловатая	От 10 до 7 мм
		Гравий крупный	Округлая	
		Хрящ средний	Угловатая	» 7 » 5 мм
		Гравий средний	Округлая	
		Хрящ мелкий	Угловатая	» 5 » 3 мм
		Гравий мелкий	Округлая	
Песчаная часть почвы		Песок крупный	Округлая	» 3 » 1 мм
		Песок средний	»	» 1 » 0,5 мм
		Песок мелкий	»	» 0,5 » 0,25 мм
Землистая часть почвы	Пылеватая часть почвы	Пыль	Округлая	От 0,25 до 0,01 мм
	Иловатая часть почвы	Ил грубый	Округлая	От 0,01 до 0,005 мм
		» средний	»	От 0,005 до 0,0015 мм
		» тонкий	Чешуйчатая	Мельче 0,0015 мм

страдают отсутствием резкой определенности и подвержены колебаниям в широких размерах. Поэтому и деление почвенных частичек на группы не может отличаться строгой обоснованностью и лишь до известной степени соответствует различию их свойств, легко выражаемому словами, но не поддающемуся еще строгой оценке числовыми данными. Поэтому мы принимаем настоящую классификацию только как временную,

могущую действительно совпадать с теми требованиями, которые будут к ней применяться, но далеко не избавленную от возможности быть видоизмененной.

В первую группу — каменистую часть, присущую всем другим классификациям, выделены механические элементы почвы крупнее 10 мм в наименьшем поперечнике. Эта группа часто еще подразделяется по величине ее составных частей, размеры которых определяют числами, выражающими их наименьший поперечник, или дают представление об их величине, придавая им различные эпитеты — обломки скал, каменные глыбы, валуны, камни, камешки, или же стараются охарактеризовать их сравнениями с предметами обыденной жизни — камни величиною с голову взрослого человека, с голову ребенка, с кулак, с грецкий орех, с лесной орех. Необходимость такого детального дробления этой группы встречается не часто, и трудно установить какие-либо основания для такого подробного деления ее. Нам кажется, что основания для подразделения этой группы должны выясняться для всякого отдельного случая, в котором может представиться необходимость такого деления, и в зависимости от цели его. Но, во всяком случае, можно сомневаться в том, составляют ли такие предметы, как обломки скал, каменные глыбы и даже валуны, механические элементы почвы, и требуют ли они особых постоянных групп в классификации почвенных частичек.

Выделение камней, так же как и следующей, хрящевой части, в особую группу оправдывается тем, что они хотя и часто встречаются в почве, но существенных элементов ее не представляют. Вместе с тем присутствие их влечет за собой, в зависимости от количества, более или менее глубокие изменения в отношениях почвы к теплу, влаге и обработке.

Подразделение хрящевой части почвы заимствовано из других классификаций и оправдывается настолько, насколько крупность хряща может иметь влияние, изменяющее свойства почвы, для полной оценки которого мы еще не обладаем

данными. Повидимому, до сих пор не представляется настоятельной необходимости к разделению этой группы на более мелкие части, и их, без большого ущерба для целей механического анализа, в обыкновенных случаях можно соединить в одну группу — хряща.

Вследствие того, что случайное нахождение камней в почве — явление довольно редкое, а почти всегда можно предполагать существование генетической связи между их характером и происхождением почвы, они часто могут дать ценные указания как на те породы, из которых произошла почва, так и на условия ее образования. Разумеется, камни, встречающиеся в почве, могут послужить к выяснению таких вопросов только в том случае, если они сами не представляют продуктов позднейших процессов, имевших место в самой почве (болотная руда, известковые желваки и т. п.).

То же самое в еще большей мере относится к хрящу; он состоит обыкновенно из обломков материнских пород почвы; но с уменьшением его крупности в нем возрастает количество обломков отдельных минералов, составляющих породы с яснокристаллическим сложением. Мы видели, что каменистая часть почвы может дать нам материал для суждения о петрографическом составе и происхождении почвы. Хрящевая часть допускает такое суждение лишь в том случае, если почва произошла из пород со скрытнокристаллическим сложением или из пород простых. Если же в образовании почвы принимали то или другое участие породы сложные с яснокристаллическим сложением, то хрящ указывает на петрографическое происхождение почвы только до известной степени, давая ясное представление об одном минералогическом составе ее. Последний же допускает большой простор в суждении о тех породах, из которых произошла почва.

Этот характер указаний, которые дают нам петрографический и минералогический анализы составных частей почвы, еще более выделяется с возрастанием мелкости частичек

исследуемого хряща и в наиболее резкой форме выражается при исследовании следующей, песчаной части почвы. Мы уже указывали на прогрессивное обеднение продуктов механического анализа минералами, отличающимися сложным химическим составом; это в особенности относится к группе полевых шпатов, образующих важную составную часть почвы, и мы, главным образом, их и будем теперь иметь в виду, —в том случае, когда почва образовалась из пород со скрытнокристаллическим сложением, и группа песков в ней состоит из обломков этих пород. Но если в образовании почвы принимали участие породы с яснокристаллическим сложением, и песок, в ней заключающийся, состоит почти исключительно из обломков отдельных минералов, образующих эти породы. Из приведенной выше таблицы мы видим, что песок разделяется на три группы по крупности частичек, его составляющих: на крупный, средний и мелкий песок. В огромном большинстве почв количество обломков полевого шпата постепенно возрастает, начиная от крупного хряща и до крупного песка, и только со среднего песка начинается сразу сильное обеднение продуктов зернами полевого шпата и обогащение их кварцем. Это явление может быть объяснено таким образом. Большей твердостью и большим сопротивлением простому измельчению при выветривании отличается кварц; поэтому раздробление его кристаллов будет итти медленнее, чем других, более мягких пород, и в почве явится перевес более мелких зерен полевого шпата над зернами кварца той же крупности. Так оно и наблюдается обыкновенно в продуктах крупнее среднего песка. Но начиная со среднего песка, содержание полевошпатных обломков в механических элементах почвы начинает быстро падать. Для объяснения этого явления следует припомнить, что в почве минералы, составляющие породы, подвергаются, кроме измельчения, и химическому разрушению, которое прогрессивно увеличивается с возрастанием поверхности, на которую действуют его агенты. Вследствие этого, до тех пор пока измельчение минералов в почве не

достигло известного предела, физическое дробление и химическое разложение их будут делать довольно одинаковые успехи: но с уменьшением величины зерен минералов поверхность их растет огромными шагами, а вместе с нею возрастает и интенсивность химического разрушения их, которое поэтому в значительной мере обгоняет простое раздробление. Эта граница измельчения, с которой начинается перевес разрушения химического над механическим раздроблением, лежит, повидимому, близко к размерам среднего песка, и таким образом можно объяснить это, начинающееся с него, обогащение продуктов механического анализа трудно изменяющимся кварцем и обеднение легко выветривающимися полевошпатными обломками, и тем же объясняется и та быстрота, с которой количество полевого шпата уменьшается с возрастанием мелкости песка. Эта быстрота, с которой исчезают зерна полевого шпата из песков с уменьшением их крупности, так велика, что уже в мелком песке количество их обыкновенно в несколько раз меньше, чем в среднем, и в следующей пылеватой группе они обыкновенно совсем исчезают.

Что касается оснований для более детального деления группы песков, то оно, главным образом, зиждется на их физических свойствах. Эта группировка заимствована из других классификаций, в которых она встречается то в более осложненной, то в более упрощенной форме. До сих пор еще не накопилось достаточного количества материала для строгого, бесспорного деления песков, и поэтому оно принимается с оговоркой, что в нем могут быть легко допустимы изменения, в зависимости от результатов детального изучения физических свойств этих продуктов.

Вспоминая минералогический характер механических элементов почв, начиная камнями и кончая песком, мы можем, не впадая в большую ошибку, сделать заключение, что сами по себе, по своей доступности растворяющей способности корней, эти группы, как источники питательных веществ для

растений, большой роли играть не могут, и значение это постепенно уменьшается до полного исчезновения вместе с измельчением их. Роль их, как запаса питательных веществ, для будущего тоже достаточно ясна. Для почв, образовавшихся из пород яснокристаллических, эта роль принадлежит в наибольшей степени наиболее крупным продуктам и почти исчезает уже в мелком песке. И только в минеральных почвах другого происхождения эта роль различных продуктов механического анализа возрастает вместе с мелкостью их.

В следующей, пылеватой части почв, образовавшихся из яснокристаллических пород, выше описанные минералогические особенности выражаются с еще большей резкостью. Пыль почти нацело состоит обыкновенно из обломков кварца, и лишь изредка попадаются в ней листочки слюды, частички роговой обманки и некоторых других минералов, трудно подвергающихся химическому выветриванию и не имеющих значения в питании растений. Несмотря на то, что в классификации А. А. Фадеева следующие по своей крупности два продукта выделены в особую категорию —иловатую часть, содержащую в себе самые мелкие частички почвы, характер этот с той же силой продолжается и в них, и грубый и средний ил почти нацело состоит из кварцевых зерен, которые совершенно отсутствуют только в последней группе — в тонком иле.

Это дает некоторое право выделить этот последний продукт в отдельную группу — ил и соединить грубый и средний ил вместе с пылью в одну группу — пылеватую часть почвы. В дальнейшем изложении мы увидим, что, кроме такой резкой разницы в минералогическом составе тонкого ила, он отличается еще рядом физических свойств настолько сильно, что эта возможность выделения его в особую группу выразится с достаточной убедительностью. С такими изменениями вышеприведенная классификация примет следующий вид [см. табл. на стр. 590].

Основаниями для отделения пылеватых частей почвы в отдельную группу, кроме их минералогического характера, служат

*Таблица классификации механических элементов почвы**

Название групп		Название частичек	Форма частичек	Пределы величины частичек
Каменистая часть почвы		Камни	Угловатая	Крупнее 10 мм
		Гальки	Округлая	
Хрящевая часть почвы		Хрящ	Угловатая	От 10 до 3 мм
		Гравий	Округлая	
Песчаная часть почвы		Песок крупный	Округлая	» 3 » 1 мм
		Песок средний	»	» 1 » 0,5 мм
		Песок мелкий	»	» 0,5 » 0,25 мм
Землистая часть почвы	Пылеватая часть почвы	Пыль крупная	Округлая	От 0,25 до 0,01 мм
		Пыль средняя	»	От 0,01 до 0,005 мм
		Пыль мелкая	»	От 0,005 до 0,0015 мм
	Иловатая часть почвы	Ил	Чешуйчатая	Мельче 0,0015 мм

их физические и химические свойства. В отличие от последней группы — ила, пыль, а также песок и гравий обладают в очень слабой степени выраженной связностью; без большой ошибки мы можем сказать, что они ее совсем не имеют. Той незначительной связностью, которой обладают средняя и мелкая пыль, они обязаны, главным образом, примеси, в мелкораздробленном состоянии, органических остатков, которые при высыхании в незначительной степени их склеивают. Тогда как у ила это свойство выражено в очень сильной степени, и почва своей

* Среди слушателей Петровской академии большой популярностью пользуется термин «продукты механического анализа», или просто «продукты», употребляемый в смысле «механических элементов почвы»: хрящ, песок, пыль, ил — все это будут продукты. В настоящей статье мы позволим себе употреблять слово «продукты» в этом смысле.

связностью обязана исключительно содержанию в ней иловатых частичек.

Органическое вещество, усиливающее несколько связность продуктов крупнее ила, находится в них также в совершенно другой форме, чем в последнем. То, которое отделяется вместе с хрящом и песками, состоит из обломков различных органов растений, главным образом из корней и корешков; такие обломки уже совсем исчезают в группе пыли, и там органическое вещество состоит из мелких обрывков различных тканей, хотя и разрушенных отчасти разложением, но все еще сохраняющих свое клетчатое строение, тогда как в иле содержится исключительно органическое вещество, утратившее всякое строение, совершенно разложившееся и представляющее собою аморфный перегной, который совершенно отсутствует во всех других продуктах механического анализа.

Так же резко отличается ил от других продуктов и по своему удельному весу, который находится в зависимости от минералогического состава продуктов. В связи с тем, что продукты крупнее ила состоят из кварца или из обломков других минералов и горных пород, и удельный вес их соответствует этому составу, подвергаясь довольно большим колебаниям в продуктах крупнее среднего песка, в зависимости от пород, их составляющих; удельный же вес среднего и мелкого песка и всей группы пыли колеблется в очень незначительных пределах, лежащих близко к 2,5—удельному весу кварца.

Что касается тонкого ила, то удельный вес его почти никогда не бывает выше 2,3, и под влиянием органического вещества, входящего в его состав, удельный вес ила часто падает и еще ниже.

Чрезвычайно резка также разница в отношениях этих продуктов к воде. Группа песков, благодаря крупности составляющих ее частичек, удерживает в своих промежутках очень незначительное количество воды, которое большим скачком возрастает при переходе к группе пыли и еще резче поднимается у ила.

То же касается и проницаемости этих продуктов для воды и для воздуха. Пески пропускают воду через себя с чрезвычайной легкостью; так же резко, как и в предыдущем случае, падает это количество проходящей воды при переходе в группу пыли, и, наконец, при известных условиях, ил совершенно не пропускает воды через свои промежутки.

В отношении волосного поднятия разница между всеми этими группами не менее выражена. Волосное поднятие воды в песке совершается очень быстро, но на ничтожную высоту и в небольшом количестве. В пылеватых частицах это поднятие достигает гораздо большего количества воды, и она поднимается на значительно бóльшую вышину, но зато время этого поднятия значительно увеличивается. Что же касается иловатых частиц, то отношение их к поднятию воды снизу вверх зависит от условий, в которых они помещены. При одних условиях это поднятие может быть равно нулю; слой иловатых частиц будет отказываться принимать в себя воду; в других же условиях это поднятие произойдет на гораздо бóльшую величину, чем в пылеватых частичках, но вместе с тем и со скоростью, во много раз меньшей, чем в последних.

Вместе с физическими свойствами этих продуктов наблюдается и большая разница в химическом их характере, которая с особенной резкостью выражается в величине поглотительной способности различных продуктов механического анализа. Все группы частичек почвы, начиная с гравия и кончая мелкой пылью, не обладают этой способностью даже в малейшей степени, и только в иловатом продукте эта способность выражена в очень сильной степени; величина этой поглотительной способности ила колеблется в зависимости от того, из какой почвы он произошел; но во всех почвах эта способность принадлежит одному только илу. Поглотительная способность почвы зависит как от величины этой способности, присущей ее иловатому продукту, так и от количества последнего в ней.

Эта исключительная принадлежность поглотительной спо-

собности илу объясняется отличием в химическом характере этой группы частичек почв от всех других. Тогда как более крупные продукты состоят или из обломков горных пород и минералов, или же исключительно из измельченного до различной степени кварца, в иловатой части почвы собраны все конечные продукты химического выветривания пород; в ней содержатся все сложные водные силикаты почвы, в ней сконцентрирована так называемая цеолитная часть почвы и все органическое вещество, находящееся в форме дезорганизованного перегноя. Такое резкое качественное отличие этих частиц от всех других и дает нам право выделить их в отдельную группу — ила.

Здесь уместно будет упомянуть о двух понятиях, давно уже завоевавших себе место в почвоведении, о так называемом почвенном скелете и мелкоземе.

В первых периодах земледельческой науки в ней часто прорывается стремление (не заглохшее еще и до сих пор в практике сельского хозяйства) найти какой-нибудь один признак — показатель плодородия почвы, и лишь в самое последнее время начинает выражаться невозможность [ненаучность] этого стремления.

Плодородие почвы есть производное целого ряда свойств ее и отношений между нею и агентами жизни растений. До очевидности ясно, что, являясь конечным следствием такого сложного взаимодействия разнообразнейших причин, плодородие не может выразиться в каком-нибудь одном свойстве почвы. Но пока условия жизни, питания и развития растений не были еще выяснены, до известной степени, и пока эти успехи физиологии растений не отразились на земледельческой науке и не вошли в нее, как основной фундамент всех выводов ее и заключений, до тех пор имело основание подобное стремление найти и определить такое качество почвы, которое давало бы прямое указание на ее плодородие.

На многие признаки указывали, как на могущие служить

показателями плодородия почвы. Эту роль в различное время приписывали то количеству перегноя в почве, то потере при прокаливании ее, то поглотительной способности почв; и, действительно, часто находили случаи зависимости между этими свойствами почвы и ее плодородием. Но все-таки все эти попытки, имевшие успех в некоторых частных случаях, давали далеко не всегда решение предлагаемой им задачи.

Неудача этих попыток вполне понятна, ибо, оставляя даже в стороне то, что они не могли привести к решению вопроса о плодородии, без отношения к тем наружным условиям, в которых лежит почва и которых они не охватывали, при них пользовались отдельными признаками почвы, обусловленными далеко не всеми теми свойствами, от которых зависят ее отношения к агентам жизни растений. Зависимость выбираемых признаков от большего или меньшего числа этих свойств почвы обусловливала собою тот или другой успех его применения к оценке плодородия. В тех случаях, когда свойства, определяющие такой признак, вместе с тем до известной степени охватывали отношения почвы к какому-либо одному агенту жизни растений, и когда критическими в данной местности являлись отношения растений именно к этому агенту, там этот признак и являлся до известной степени характерным для суждения о плодородии.

Совершенно так же не могли оправдать надежд и предлагавшиеся комбинации между такими признаками для суждения о плодородии. И только полная комбинация всех свойств почвы при знании всех условий, в которых она лежит, может дать решение этой задачи.

Понятие о почвенном скелете и о мелкоземе является отражением таких попыток. Приписывая скелету лишь посредствующее значение в почве, косвенное влияние на ее химические и физические свойства и на отношения к агентам жизни растений, мелкозему стремились придавать главное значение, как части, в которой сосредоточены все химические свойства почвы

и ее поглотительная способность, и как причине всех физических свойств почвы.

Границу крупности частиц, отличающую скелет от мелкозема, различные авторы проводят довольно различно. Феска* называет мелкоземом совокупность частичек почвы, которые мельче 4 мм. Эмиль Вольф** и за ним Э. Б. Шёне*** и Р. Френиус**** называют этим именем часть почвы, проходящую через сито с промежутками в 3 мм. Грандо***** называет мелкоземом все, что при просеивании почвы прошло через сито с промежутками в 1 мм, и, наконец, Кноп****** под мелкоземом подразумевает часть почвы, которая мельче 0,25 мм. Такое, далеко не исчерпанное здесь, разногласие во взглядах на мелкозем есть следствие неопределенности этого термина; действительно, из всех отличительных свойств*******, которые приписывают почвенному скелету и мелкозему, только в отношении одной поглотительной способности замечается коренная качественная разница между ними, во всех же других отношениях это различие только количественное. Мало того, мелкозем и не может обладать резко выраженным характером. Представляя из себя часть почвы, прошедшую через сита с промежутками в 4, 3,1 или 0,25 мм, мелкозем состоит из смеси ила и пылеватой части почвы, к которой примешано в тех случаях, когда за мелкозем считают часть почвы, прошедшую через сито с промежутками в 3 или 4 мм, еще и все количество песка и даже

* Untersuchungen des Bodens der Umgegend von Berlin, 1881, Band 111, Heft 2, S. 15.

** Anleitung zur chemischen Untersuchung Landwirtschaftlich wichtiger Stoffe. Berlin, 1875.

*** Ueber Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat. Berlin, 1867.

**** Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 1887, Bd. 11.

***** Handbuch für agrikulturchemischen Analyse. Berlin, 1884, S. 103.

****** Böckmann.—Chemisch-technische Untersuchungen. 1884, Bd. 2, S. 664.

******* Schmied.— Die Bodenlehre, S. 139.

часть хряща, находящихся в почве. Так как количество пыли, песка и ила в различных почвах варьирует в очень широких размерах, то, в зависимости от различия в содержании этих частиц, и свойства мелкозема, полученного из различных почв, будут варьировать в очень большой степени. Ввиду такой неопределенности понятия о мелкоземе Шмидт* выделяет из его состава все, что крупнее 0,05 мм, присоединяя выделенные продукты к скелету. Но и при этом все-таки понятие о мелкоземе не имеет еще достаточной определенности, он все-таки составляет еще смесь ила с пылью, а ввиду возможности различных отношений этих составных веществ и свойства этой смеси в различных почвах не могут быть однородными. Ввиду такой неопределенности этого названия введение его в классификацию групп почвенных частичек представляется не совсем удобным, так же как и вследствие того, что этот термин может подать повод к недоразумениям, благодаря привычке соединять с понятием о мелкоземе и не оправдавшиеся отношения его к плодородию почв.

Невольно обращает на себя внимание неопределенность оснований, на которых построена группировка механических элементов почвы. Как уже не раз упоминалось, эта неопределенность зависит от того, что мы не обладаем еще достаточным материалом для суждения о различных свойствах этих элементов. Этот недостаток, с одной стороны, зависит от того, что многие исследования над ними были произведены по способам, не допускающим удобного сравнения между собою. С другой стороны, большое число исследований, хотя и произведено по методам, допускающим полное сравнение результатов, добытых при их помощи, все-таки не дало таких сравнимых выводов, благодаря тому, что почвенные элементы, над которыми они были произведены, не отличались однородностью. Эта неоднородность материала зависит от несовершенства тех способов, при помощи которых он получался. Оставляя на время рассмот-

* Schmied.— Die Bodenlehre, S. 13.

рение причин этой неоднородности результатов механического анализа, мы не можем не обратить внимания на то, что такие исследования над однородными несмешанными механическими элементами почвы, произведенные по методам, допускающим полное сравнение полученных результатов (а таких методов выработано довольно много), составляют одну из важнейших задач современного почвоведения. Ибо только изучивши вполне многочисленные составные элементы почвы, только зная их свойства и отношения к агентам жизни растений и самим растениям, можно приступить к систематическому изучению почв; только тогда и можно выяснить сложные отношения между почвой и растениями, и факторами жизни последних. Пока отсутствует такое детальное изучение составных элементов почвы, почвоведение будет подвигаться вперед ощупью, впотьмах, и лишь медленными неверными шагами.

При взгляде на приведенную выше таблицу классификации механических элементов почвы резко выделяется то, что в ней отсутствует название одной группы их, играющей огромную роль во всякой почве. В ней не встречается названия «глины» — последнего члена всех других классификаций.

Под словом «глина», заимствованным из обыденной жизни, не подразумевают строго определенного понятия. С этим названием связано представление о веществе, встречающемся в верхних слоях земной коры, способном при смешивании с водой давать липкое пластичное тесто, сохраняющее приданную ему во влажном состоянии форму по высыхании. Это — то вещество, которое употребляется, как главный материал, в различных областях керамики.

Но одного взгляда достаточно, чтобы сразу увидеть огромную разницу между различными ее сортами. Печная глина и кирпичная глина совсем не похожи на глину горшечную и трубочную, которые, в свою очередь, резко отличаются от фарфоровой глины, так называемого «каолина». Тогда как в первых двух ясно заметно присутствие грубых зерен хряща и большого

количества песка, во второй группе эти элементы исчезают, но все-таки внимательное растирание щепотки горшечной или трубочной глины между пальцами ясно обнаруживает в ней присутствие большого количества пылеватых частичек. Фарфоровая же глина представляет и на вид, и наощупь совершенное отсутствие песчинок или пылеватых частичек, и в истертом виде каолин представляет пушистую, нежную, едва ощутимую между пальцами, массу. Но присутствие пыли сразу становится в ней уловимым, если растирать небольшое количество ее в фарфоровой ступке фарфоровым же пестиком; тогда легкий звенящий треск истираемых частичек пыли выдаст их присутствие среди однородной белой неосязаемой массы.

Механический анализ уже совершенно ясно покажет нам ту резкую разницу, которая существует между этими веществами, носящими одно общее название «глины».

В приведенной таблице указан механический состав трех различных образцов глины, употребляемых в различных отраслях техники — кирпичной, или печной глины, горшечной и фарфоровой, или каолина.

Механический состав трех образцов глины

№№ анализов	1	2	3
Сорт глины	Кирпичная	Горшечная	Фарфоровая
Хрящ	1,42	0,00	0,00
Песок крупный . .	3,21	следы	0,00
» средний . . .	3,97	следы	следы
» мелкий . . .	9,70	3,37	0,02
Пыль крупная . .	16,01	22,73	17,33
» средняя . . .	35,73	32,01	29,06
» мелкая . . .	11,25	15,10	20,15
Ил	19,40	26,77	33,32
Сумма . . .	100,69	99,98	99,88

Из этой таблицы ясно видна разница между этими веществами. Тогда как кирпичная глина содержит, вместе с заметным количеством хряща, значительное количество песка и очень большое количество пыли, в горшечной глине отсутствует хрящ, количество песка в ней незначительно, и он притом не отличается крупностью, но в ней особенно велико содержание крупной пыли. В фарфоровой глине уже и песок встречается в виде следов, крупной пыли меньше, чем в предыдущих сортах, но зато количество мелкой и особенно средней пыли в ней гораздо больше, чем в других образцах глины. Количество ила в этих трех сортах постепенно увеличивается, начиная от кирпичной глины, и наибольшим содержанием его характеризуется каолин.

Если обратить внимание на минералогический характер механических элементов этих образцов, то мы увидим, что в кирпичной глине крупные продукты, хрящ и пески, состоят из обломков различных горных пород с возрастающим, по мере измельчения продуктов, содержанием в них кварца. И начиная с крупной пыли и кончая мелкой, частички их состоят исключительно из зерен кварца с незначительной примесью слюды. В горшечной глине обыкновенно все продукты состоят из кварцевых зерен с гораздо большей уже примесью слюды, которая достигает наибольшего своего содержания в мелкой пыли. Характер механических элементов каолина уже другой; кварцевые зерна в нем встречаются уже в гораздо меньших количествах, и главную роль в его продуктах различной крупности играют зерна полевого шпата, к которому примешано различное количество листочков и кусочков слюды и других минералов с тем же листоватым сложением; содержание этой примеси увеличивается с возрастанием мелкости продукта. В некоторых же сортах каолина роли этих минералогических составных частей меняются, и главное место принадлежит слюде, а роль примеси играют обломки полевого шпата. Такая неопределенность этого термина «глина» сохранилась и при перенесении

его в почвоведение; здесь продукт механического анализа почв, которому придавали название «глины»» (Thon, clay, argile), носит самый разнообразный характер, в зависимости от способа, при помощи которого он выделяется из смеси с другими веществами почвы.

Основными наружными признаками для характеристики «глины» служат ее пластичность в сыром состоянии, ее способность сохранять по высыхании ту форму, которая была ей придана во влажном состоянии, характерный запах, издаваемый ею во влажном и слегка нагретом состоянии, способность ее поверхности в сухом состоянии приглаживаться ногтем и принимать блестящий вид; [при суждении о наружных признаках «глины» можно руководиться также] впечатлением, которое производит наощупь такая выглаженная поверхность. Эти наружные признаки в различной степени присущи всем перечисленным выше сортам глины. И если припомнить очень различный состав этих образцов, характерность приведенных признаков очень много потеряет в своей определенности.

Неустойчивость термина «глина» привела Ф. Шлёзинга (отца) к необходимости более близкого исследования этого составного вещества почвы. Результатом этих исследований * явился определенный взгляд на «глину», завоевавший себе полное господство в науке.

По исследованиям Шлёзинга, все виды глины состоят из смеси очень тонкого песка с веществом, придающим им характерную вязкость и пластичность. Это вещество он признал за минеральный коллоид и назвал его «коллоидальной глиной». Количество этого коллоида, содержащееся в обыкновенной глине, очень незначительно. Оно лишь в редких случаях находится в них в количестве 1,5 %, и такие глины носят название жирных; в толщах же оно не превышает 0,5 %.

---

* Th. Schloesing.— Contribution a l'étude de la chimie agricole. Encyclopédie chimique par Fremy, 1888, Paris, p. 61 et p. 1.

Не надо удивляться, говорит Шлёзинг, что такое ничтожное количество вещества может так резко изменить свойство песка, это — общее свойство коллоидов; прибавки, например, 1% клея к мелкому песку достаточно, чтобы песок сохранял по высыхании форму, приданную ему в сыром состоянии. Шлёзинг отождествляет эту «коллоидальную глину» по ее свойствам с другими коллоидами: с клеем, растительной слизью, гумми, желатином и т. д.

Подобно этим веществам, она способна сильно разбухать в воде, и в таком состоянии микроскоп не открывает никаких форменных элементов в воде, в которой распущена глина. Подобно тому, как многие коллоиды способны свертываться под влиянием различных веществ, так и коллоидальная глина выпадает из воды, в которой она находилась, в виде хлопьев при прибавке некоторых солей, например, солей извести. Другие же вещества, например, водный раствор аммиака, напротив, в сильной степени помогают этому разделению глины в воде (la diffusion de l'argile). Таковы в общих чертах главные свойства этого вещества по Шлёзингу.

Этот взгляд диаметрально противоположен взглядам, высказанным Бишоффом * и Аароном ** гораздо раньше, но не проникнувшим в литературу почвоведения. Эти исследователи принимают, что «глина» состоит из смеси песка, мелких пылеватых частиц и собственно глины, которая также состоит из совокупности мелких частичек шаровидной формы, ясно видимых при увеличении в 760 диаметров. Что касается более крупных составных частей того вещества, которое в технике и общежитии носит название глины, то, по мнению Бишоффа, они состоят, большей частью, из мелких обломков и листочков минералов, которым он придает остроумное название «неспелой

* Die feurfesten Thone. Leipzig, 1876, S. 3.

** Notizblatt des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement. Jahrgang VI, S. 112.

глины». Кроме того, в состав этой части входят зернышки кварца и листочки слюды.

Другие исследователи в области почвоведения, после работ Шлёзинга, частью остались при прежних сбивчивых понятиях о «глине», как о составной части почвы; другие же усвоили воззрения Шлёзинга без опытной проверки добытых им выводов, причем некоторые авторы поясняют или изменяют эти взгляды, вводя еще новое понятие; так, например, Пелиго * разделяет глину на «коллоидальную» и «кристаллическую»(!), не вдаваясь, впрочем, в более подробную характеристику этого последнего нового вещества. Грандо ** предполагает несколько большие количества «глины» (как ее понимает Шлёзинг) в почвах. За обыкновенное содержание ее в почве он считает 4—5%, реже 10%, редко 15%, чрезвычайно редко 20% и никогда ее не содержится более 30%, тогда как Пелиго *** допускает только 15—20%, как возможно наибольшее содержание глины в почве.

Некоторой проверке эти воззрения были подвергнуты Гильгардом ****. Он также приходит к заключению, что глина представляет коллоид, хотя уже не категорически отрицает присутствие форменных элементов в смеси «коллоидальной глины» с водой, а говорит, что в том случае, когда количество глины, подвешенной в воде, значительно, микроскоп открывает, при увеличении в 300 диаметров, присутствие неясной точечности в этой массе, и такая же точечность присуща и хлопьям «коллоидальной глины», в которые она свертывается под влиянием солей. Остальные наблюдения его согласуются со взглядами Шлёзинга, и только, характеризуя содержание глины

* E. Peligot.— Traité de chimie analytique etc. Paris, 1883, 155.

** L. Grandeau.— Handbuch für agrikulturchemische Analysen, p. 95.

*** E. Peligot.— Traité etc., p. 156.

**** E. W. Hilgard.— On the silt analysis of soils and clays. The American journal of Science and Arts. Third series. Vol. VI, page 288 a. f.

в различных почвах, он сильно расходится с последним. По Гильгарду,* обыкновенное содержание глины в почвах доходит до 10—20%; оно возрастает в тяжелых глинистых почвах до 40—47%, и, наконец, в глине, как понимают это слово в технике и общежитии, содержится чистой глины до 75%. К подобным же результатам приходит и Осборн**.

Такие разногласия во мнениях различных авторов побудили А. А. Фадеева предпринять исследование над глиной и механическим составом почв, и оно привело его к выводам, во многих отношениях значительно отличающимся от выводов перечисленных уже авторов. Эти выводы, к сожалению, не были опубликованы им и известны лишь ограниченному кругу его бывших слушателей в Петровской академии и лишь в виде чрезвычайно краткого и очень неполного свода напечатаны при описании способа механического анализа А. А. Фадеева; также в неполном и часто искаженном виде они сообщаются в нескольких изданиях литографированных записок по курсу Общего земледелия, читанному А. А. Фадеевым в Петровской академии. Недостаток точных сведений об этих исследованиях и заставил нас подвергнуть проверке как те заключения, к которым пришел А. А. Фадеев, так и выводы других авторов ***.

Если небольшое количество какой-либо почвы размешать

---

* E. W. Hilgard.— On the silt analysis of soils and clays.

** Th. B. Osborne.— The methods of mechanical analysis. Annual report of the Connecticut agricultural station, 1886.

*** При изложении этой части нашей работы мы поставлены в очень затруднительное положение благодаря отсутствию печатных источников, на которые можно было бы ссылаться. Часть тех положений, которые выводятся здесь на основании наших опытов, сообщались нам А. А. Фадеевым, как и другим его слушателям, в форме окончательных выводов; но нам совершенно незнакомы те исследования, на основании которых глубокоуважаемый А. А. Фадеев пришел к этим выводам; и мы не считали себя вправе принять их без точной опытной проверки, которая почти всюду приводила к необходимости видоизменения этих выводов и к значительному дополнению.

тщательно с водой, * пропустить эту смесь через сито с отверстиями в 0,25 мм и непрошедшую часть промывать водой до тех пор, пока стекающая жидкость будет совершенно прозрачна, то на сите останется весь гравий, содержавшийся в почве, так же как и все количество крупного, среднего и мелкого песка. В прошедшей через сито части будут находиться во взмученном состоянии все механические элементы почвы, размеры которых мельче 0,25 мм. Если эту, равномерно мутную, жидкость поместить в стеклянный цилиндрический сосуд, то мы заметим, что уже через несколько минут на дно сосуда опадет слой осадка, это — часть пыли. Осадок этот быстро растет, но если, по прошествии какого-либо промежутка времени, слить мутную жидкость в другой такой же сосуд и оставить его стоять снова, то уже такого быстрого образования обильного осадка мы не заметим. Он будет отлагаться лишь очень медленно и достигнет заметной толщины только через несколько часов. Слив, по прошествии шести часов, например, мутную жидкость снова в такой же сосуд, мы заметим образование осадка только по прошествии еще большего промежутка времени, через сутки например, и даже в это время он не достигнет заметной толщины. Мутная жидкость, стоящая над ним, уже будет далеко не в такой степени сильно окрашена, как первоначальная, прошедшая через сито.

Эта мутная жидкость, перелитая в другой сосуд, даже по прошествии многих часов не даст заметного снаружи осадка; нужно оставить ее стоять несколько дней, чтобы она образовала слой его, едва начинающий выделяться при осмотре сосуда снаружи. Дав такой жидкости постоять еще несколько дней или даже неделю, перельем ее в другой сосуд, оставим сосуд стоять еще неделю или даже две и такое отстаивание будем продолжать несколько месяцев. Тогда во все-таки мутной жид-

* Во всех случаях, где при опытах упоминается вода, подразумевается вода дистиллированная.

кости мы будем иметь, с достаточною гарантией за его чистоту, то вещество, которое Шлёзинг назвал «коллоидальной глиной».

Она будет, от прибавки какой-либо соли щелочно-земельного металла или от прибавки незначительного количества кислоты, свертываться в хлопья и тогда быстро оседать на дно сосуда, в виде очень объемистого осадка. Эта свернувшаяся глина, отфильтрованная и перенесенная вновь в сосуд с чистой водой, опять быстро свернется в хлопья, и нужно очень продолжительное отмывание на фильтре, чтобы вновь возвратить ей прежнюю способность к разделению (diffusion *) в воде. При пропускании через фильтр, даже из лучшей плотной бумаги, эта мутная жидкость будет проходить, нисколько не осветлившись. При выпаривании ее и высушивании осадка получится плотное, напоминающее рог, вещество, звенящее при ударе и ломающееся с раковистым изломом, совершенно сходное с тем, которое описал Гильгард. ** Одним словом, полученное вещество будет «коллоидальная глина», которая, по исследованиям Шлёзинга, находится в таком же состоянии, как распущенное в воде гумми, в разбухшем бесструктурном состоянии. Микроскоп, по Шлёзингу, не открывает в этом веществе никаких форменных элементов, и оно, повидимому, не осаждается более на дно сосуда.

Но при внимательном детальном изучении этого вещества мы приходим к несколько другим результатам. Уже при фильтровании этой жидкости можно заметить, что она относится к нему [фильтрованию] как некоторые чрезвычайно мелкие осадки, засаривающие поры фильтра.

Если положить фильтр из плотной, но хорошей, быстро фильтрующей, бумаги в воронку и наливать в него такой, мутной от присутствия «коллоидальной глины», воды, то пер-

* Этим словом (diffusion) Шлёзинг называет способность глины давать с водой мутную опалесцирующую жидкость, не дающую осадка при стоянии.

** On the silt analysis of soils and clays.

вые порции жидкости пройдут через фильтр так же быстро, как чистая вода, и притом нисколько не осветлятся, и фильтр не изменит своей окраски. Но если повторять наливание такой воды в тот же фильтр много раз подряд, то явление изменится. Мы заметим, что бумага изнутри фильтра начинает понемногу окрашиваться в цвет, которым отличается фильтруемая «глина», и по мере продолжения этой операции интенсивность окраски все усиливается. Вместе с усилением этой окраски мы заметим, что пропускающая способность фильтра ослабевает; его поры как бы засариваются. Продолжая все-таки фильтрование, мы достигнем того, что вода будет, наконец, проходить очень медленно, лишь редкими каплями, и, собрав достаточное количество таких капель в отдельный сосуд, мы убедимся, что теперь через фильтр проходит совершенно прозрачная вода. В это время внутренняя поверхность фильтра будет покрыта равномерным слоем осадка, цвета фильтруемой «коллоидальной глины».

Этот опыт уже намекает на то, что «коллоидальная глина» есть чрезвычайно тонкий порошок, засоряющий поры бумаги, и это заключение находит себе и еще подтверждения. Если мы будем нагревать мутную жидкость, содержащую «коллоидальную глину», очень медленно и до невысокой температуры 40—60° С в фарфоровой чашке, нешироким пламенем, так чтобы нагревалась непосредственно лишь небольшая поверхность дна ее, то через некоторое время в прежде однородной, окрашенной жидкости, в которой не было заметно токов неравномерно нагревающейся воды, они начинают понемногу выясняться, благодаря другому, еще неясному, характеру жидкости в этих токах.

По прошествии некоторого времени мы заметим, сначала лишь при помощи лупы, а потом и простым глазом, что эти токи воды становятся все заметнее, потому что в них глина свернулась в хлопья, которые растут с большой постепенностью. Сначала хлопья образуются лишь по границам противоположных токов воды, но потом понемногу это образование хлопьев охватывает собою все количество мутной жидкости. Хлопья

слипаются друг с другом, растут, и вода, окружающая их, осветляется. * Если мы усилим пламя горелки и будем повышать температуру воды быстро, то, вместе с усилением быстроты токов воды в чашке, придут в быстрое движение хлопья, и незадолго до закипания, от усиленного движения воды в чашке, эти хлопья начнут разбиваться, пока при начале кипения они совсем [не] исчезнут; жидкость опять станет равномерно мутной и сохранит такой вид во все время кипения ее.

Доведя воду до кипения, отнимем горелку совсем; кипение тотчас прекратится, и движение воды в чашке станет равномерно ослабевать. Тогда мы заметим совершенно такое же явление, как и при нагревании чашки. Опять появятся и начнут медленно расти хлопья, и когда вода примет понемногу температуру окружающего пространства, и движение в ней прекратится, образовавшиеся хлопья медленно опустятся на дно чашки в виде очень объемистого осадка, медленно сползающего по наклону стенок ее, пока [он] не соберется в самом глубоком месте дна чашки. Стоящая над осадком вода будет совершенно прозрачна, и ее можно слить сифоном.

Таким образом, свертывание глины, кроме присутствия солей в воде, обусловливается еще и нагреванием. Это явление совсем другого характера, чем свертывание некоторых коллоидов, например, яичного белка, от нагревания. Свернутый нагреванием, коллоид-белок более уже не распускается в воде. Между тем, стоит только взмутить, сложившуюся от нагревания в хлопья, глину в воде, и она принимает опять все свойства первоначальной «коллоидальной глины», ничем решительно не отличаясь от первоначальной мутной жидкости.

Если наблюдать каплю мутной воды, содержащую «коллоидальную глину», под микроскопом, то даже при сильных увеличениях не удается уловить никаких форменных элементов

* Это явление осаждения глины из воды при подогревании было уже указано ранее Р. Фрезениусом; см. его Quantitativa Analyse.

в ней, так же как это не удалось Шлёзингу, не удается даже подметить и точечности, о которой говорит Гильгард. Эта последняя действительно замечается при увеличении в 300 диаметров в том случае, если для наблюдения взята очень мутная вода, как это делал Гильгард; но такая сильно окрашенная вода остается над осевшей частью почвы только при ее непродолжительном стоянии, когда, по Шлёзингу, в жидкости еще содержится и «тончайший песок» (sable très fin). После того, как этот тончайший песок вполне удален, жидкость бывает окрашена «коллоидальной глиной», лишь в незначительной степени, и никогда в ней нс удается подметить точечности.

Но если мы положим на предметное стекло небольшое количество той массы «коллоидальной глины», которая свернулась при нагревании первоначальной мутной жидкости и с которой мы слили прозрачную воду, той массы, представляющей лишь более «концентрированную» первоначальную жидкость, в которой минеральный коллоид — глина не утратила всех своих первоначальных свойств, тогда мы получим совсем иные результаты. При слабом увеличении в 100—200 диаметров поле зрения микроскопа будет казаться лишь немного мутным и окрашенным в тот цвет, которым обладала первоначальная почва. При увеличении в 300 и даже около 400 диаметров мы все еще не увидим никаких форменных элементов, поле зрения все еще остается слегка мутным, и только окраска потеряет несколько еще в своей интенсивности. И это явление наблюдается при исследовании глины из самых разнообразных почв всех частей света и подтверждает наше заключение, что Гильгард, наблюдая, при увеличении в 300 диаметров, точечность в своем препарате, имел дело с не совсем чистой «коллоидальной глиной», а к ней были примешаны еще частички «тончайшего песка». Эта вероятность нахождения тончайшего песка в том продукте, который Гильгард исследовал под именем «коллоидальной глины», подтверждается и тем, что он находил в глинах до 75% «коллоидальной глины» — количество, в несколько раз пре-

вышающее то, которое встречается в самых жирных китайских и австралийских каолинах.

Только при увеличениях свыше 400 диаметров внимательный глаз опытного наблюдателя начинает улавливать какую-то неопределенную как бы зернистость или точечность поля зрения, точечность непостоянную, как бы мигающую, переливающуюся, похоже на то [производящую примерно такое же] впечатление, которое производит наглаз сильно опалесцирующая жидкость, приведенная в движение в прозрачном сосуде. Наконец, при сильных увеличениях в 700—800 диаметров или, еще лучше, при употреблении иммерсионных систем, при увеличении в 1000—1200 диаметров, глазу наблюдателя открывается неожиданная картина. Поле зрения кажется оживленным какою-то суетливой толкотней ничтожных крупинок, кружащихся, колеблющихся, сталкивающихся и опять разъединяющихся, то движущихся на одном месте, то увлекаемых током воды, образующимся при прикосновении к покровной пластинке, и, увлекаемые водой, они все-таки продолжают двигаться сами по себе быстрым лихорадочным темпом.

Это движутся, под влиянием молекулярных сил, частички бесструктурного вещества — «коллоидальной глины».

Если взятая для наблюдения жидкость содержит в себе очень большое количество глины, то наблюдение ее под микроскопом сильно затрудняется огромным количеством частичек, находящихся в поле зрения, и беспорядочным их движением при таких условиях. Поэтому лучше брать несколько разжиженную жидкость, содержащую глину.

Тогда можно ясно видеть, что частички глины представляются в виде просвечивающего тельца, бесцветного или слегка окрашенного в какой-нибудь цвет, который отличается от цвета почвы, из которой добыта глина, только своей меньшей интенсивностью. Иногда, впрочем, частички глины, добытые из некоторых снежнобелых каолинов, представляются окрашенными в светложелтый цвет.

Как размер, так и форма частичек отличаются удивительным однообразием. По своим контурам они представляются в виде довольно правильных, коротковальных или эллиптических фигур, величина диаметров которых лишь немного разнится между собою. Величина эта лежит близко к 0,001 мм, разница же диаметров в среднем не превышает 0,0002—0,0003 мм. Таковы формы и размеры частичек глины, какими последние представляются, когда вода между предметным стеклом и покровным, под которым они наблюдаются, находится без движения. Но если вызвать в этой воде (например, слегка наклонив штатив микроскопа) слабое течение, которое медленно увлекало бы за собою и частички глины, то мы заметим, что при таком движении форма их изменяется; короткий диаметр овалов, в виде которых представляются частички, сперва начинает уменьшаться все более и более, их коротковальная форма постепенно переходит в форму удлиненноовальную, пока, наконец, овал не примет вида удлиненной палочки или полоски, длина которой равна длине большего диаметра прежнего овала, ширина же ее не превышает 0,0001 мм. После того как частички глины достигнут такой формы, ширина их опять начинает расти; они опять переходят нечувствительно в форму удлиненного овала и, наконец, принимают свою прежнюю коротковальную форму, чтобы тотчас же вновь начать такое же изменение ее.

Подобное изменение контуров мы заметим, если возьмем какую-либо нетолстую пластинку коротковальной формы и, поставив ее сначала так, чтобы плоскость ее была перпендикулярна к лучу зрения, начнем вращать эту пластинку около ее длинной оси; тогда мы увидим тот же переход форм, как и в частичке глины, и когда пластинка примет такое положение, что ее поверхность сделается параллельной лучу зрения, она примет вид полоски; продолжая вращать пластинку все в том же направлении, мы также увидим, что контур ее постепенно будет принимать свою прежнюю фигуру до тех пор, пока не придет в первоначальное положение. Такое же вращательное

движение, очевидно, получают и частички глины, когда они увлекаются током воды, и из этого можно заключить, что они имеют такую пластинчатую или чешуйчатую форму.

Что такое вращательное движение действительно получается частицами глины при увлечении их током воды, видно из того, что если ускорить движение воды, уносящей частички глины, то вместе с ускорением поступательного движения их ускорится также быстрота, с которой они изменяют свою форму — ускорится их вращательное движение. С замедлением же поступательного движения уменьшится и скорость вращения вокруг оси.

Когда, при своем вращательном движении, пластинка глины принимает такое положение, что кажется палочкой, и если наблюдение над ней производится при увеличении около 700—800 диаметров и при употреблении для освещения вогнутого зеркала, тогда кажется, что эта палочка имеет неясно бисквитообразную форму, причем утолщенные концы ее кажутся обладающими большей преломляющей способностью, чем середина. Но при сильном увеличении, при употреблении иммерсионной системы и осветительного аппарата Аббе, эта бисквитообразность исчезает, и при хороших условиях освещения палочка кажется слегка светлее по своим концам. Эта разница в освещении [в оттенках] зависит, очевидно, от меньшей толщины пластинки по краям, и, вероятно, эта большая темнота середины по сравнению с концами палочки и заставляет ее казаться перетянутой при наблюдении под меньшим увеличением, когда и вся частичка кажется едва уловимой величиной.

Мы уже упоминали, что частицы «коллоидальной глины» под микроскопом находятся в постоянном движении. Это движение присуще всем мелко раздробленным телам, погруженным в жидкость, и известно под названием Броуновского движения. Под влиянием причин, вызывающих это явление (выяснение которых составляет далеко еще не решенную задачу

физики), частички глины непрерывно совершают короткие колебательные движения из стороны в сторону. Эти колебания не имеют строго определенного направления в пространстве, обусловливаясь, повидимому, только положением частички. Насколько можно судить при исследовании таких ничтожных предметов, это колебательное движение совершается только в плоскости, параллельной плоскостям пластинки, так что пластинка как бы движется по направлению наименьшего сопротивления среды, прорезывая воду своими ребрами. Что касается амплитуды этого колебательного движения, то она изменяется под влиянием нескольких причин. Наибольшее влияние на эту величину имеет, повидимому, температура: с повышением ее увеличиваются размахи этих колебаний и с понижением ее уменьшаются. Это влияние температуры, повидимому, не прямое, а зависит от изменения плотности воды вместе с изменением ее температуры, так как амплитуда колебаний уменьшается в более плотной среде, например в крепкой серной кислоте, где размахи колебаний частичек глины значительно меньше, чем в воде.

Свет также имеет влияние на величину амплитуды колебаний частичек глины; с увеличением интенсивности света удается, повидимому, подметить увеличение и этой величины, хотя об этом можно судить только с трудом, так как употребление сильных окуляров и объективов не позволяет в желаемой мере изменять условия освещения.

Совершенно подобно величине амплитуды этих колебаний изменяется под влиянием перечисленных условий и быстрота колебаний; в тех случаях, когда уменьшается амплитуда, уменьшается и быстрота, и, наоборот, при увеличении амплитуды колебаний усиливается и скорость, с которой они совершаются.

Кроме этих условий на движение частичек глины в воде оказывают влияние и некоторые вещества; растворы аммиака, едких и углекислых щелочей, прибавленные в очень небольшом

количестве, усиливают как величину амплитуды колебаний, так и скорость колебаний этих частичек.

Броуновское движение присуще не одним только частицам ила. Очень слабым движением обладают также и другие частички, и оно еще заметно, хотя и в очень незначительной степени, в особенно благоприятных условиях, у частичек крупностью в 0,002 мм. Когда в поле зрения микроскопа находится небольшое количество пластинок глины, их движение совершается правильно, пока они находятся в достаточном отдалении одна от другой; если же две или три из них столкнутся между собой, то правильность их колебаний мгновенно нарушается: движение их принимает как бы судорожный характер — колебания учащаются, причем размах колебаний сразу претерпевает значительное уменьшение, и они кружатся друг около друга, как бы стараясь разъединиться, оторваться друг от друга, что обыкновенно и случается, если в поле зрения нет очень большого числа их; как только столкнувшиеся частички разъединятся, они опять продолжают колебаться с прежней равномерной монотонностью.

Если препарат, в котором наблюдается колебание частичек глины, не был заклеен, то движение их прекращается с высыханием воды; тогда они вместе с остатками воды собираются в неправильные ветвящиеся фигуры, и когда вода совсем высохнет, сохраняют положения, соответствующие формам этих фигур, слипаясь по нескольку вместе до такой степени, что уже с большим трудом можно отличить контуры всякой пластинки. Но если препарат заклеен или испарение воды из него задержано другим способом, то движение частичек глины продолжается значительное время, иногда несколько суток. Если препарат стоит неподвижно, можно заметить, что с течением времени все большее и большее число пластинок прекращает свое движение. Если фокус микроскопа направлен на движущиеся частички — пластинки неподвижные всегда несколько неясны, они лежат ниже плоскости, в которой совершается движение

пластинок глины, они оседают на дно того слоя воды, который помещается между предметным и покровным стеклами, прилипая к верхней поверхности первого.

Наконец, через несколько дней, уже совсем не оказывается движущихся частичек в поле зрения; они все осели. Если тогда взять препарат покровным стеклом вниз и сильно его встряхнуть несколько раз, то опять удается привести в движение большинство пластинок; они взмучиваются вновь в этом ничтожном слое воды.

Несколько иначе совершается движение в том случае, когда в воде взмучено очень большое количество частичек глины. Тогда уже не замечается той правильности движения, как в первом случае. Тут все частички движутся судорожно, торопливо, как в предыдущем случае, когда несколько частичек столкнулись; все частички движутся группами; одни группы сталкиваются с другими и, слипаясь, увеличиваются до известного объема, когда движение таких сложных групп постепенно останавливается, и только движутся более правильным ритмом отдельные частички в промежутках между неподвижными группами, пока и они не остановятся, столкнувшись с какой-нибудь группой или осев на поверхность предметного стекла. Здесь движение, благодаря тесноте, прекращается во много раз скорее, чем в предыдущем случае.

Таковы отношения мельчайших глинистых частичек к чистой воде, в которой они находятся в неподвижном состоянии. Но резкие изменения вносятся в эти отношения в том случае, когда вода содержит в растворе какую-нибудь соль или кислоту.

Мы уже упоминали, что в присутствии небольших количеств аммиака и едких или углекислых щелочей в той воде, в которой взмучены частички глины, движения последних делаются выраженнее. Но с увеличением содержания этих веществ и в присутствии в воде даже малейших количеств какой-либо минеральной или органической кислоты или соли, особенно же солей щелочноземельных металлов, частицы глины свертываются.

Это явление было указано еще Дургамом, * но и ранее оно было известно и им пользовались исстари в некоторых местностях Германии и Франции при утилизации ночного золота в сельском хозяйстве.**

Если близ края покровного стекла, под которым мы наблюдаем движения частичек глины, опустить каплю какой-нибудь кислоты или раствора, например, хлористого кальция, то эта жидкость будет медленно смешиваться с водой, находящейся под покровным стеклышком, проникая постепенно под него. Когда, наконец, кислота или раствор соли достигнет поля зрения, в котором движутся частички глины, мы увидим, что с приближением этой струи частички начинают оказывать как бы сильное беспокойство; движения их становятся порывистыми, судорожными, и, наконец, когда струя новой жидкости охватит эти частички, движение их на мгновение прекращается, и тотчас ближайшие частички устремляются одна к другой, образуя комочек, который без движения опускается на предметное стекло — глина свернулась в хлопья. Восстановить вновь движение частичек глины уже не удается; если давлением на покровное стекло разъединить частички, образующие комок, они по прекращении давления вновь соединятся между собою. Если же продолжительным промыванием удалить из этих комочков кислоту или соль, то движение частичек глины вновь восстанавливается. Таковы явления при свертывании глины. Этому явлению свертывания подвержены, хотя уже в гораздо

* W. Durham. Chemical News. 1878. Vol. XXXVII, № 949, p. 47.

** Чтобы облегчить вывоз этого удобрения на поля, его размешивают с небольшим количеством глины и оставляют стоять на некоторое время. Тогда под влиянием кислот и солей, содержащихся в золоте, глина свертывается в хлопья, и этот объемистый осадок увлекает на дно все взмученные органические вещества, оставляя поверх себя совершенно прозрачную жидкость. Последнюю сливают, пренебрегая содержащимися в ней растворенными веществами (а может быть, и не подозревая их значения), и оставшуюся иловатую массу перелопачивают, дают ей слегка подсохнуть и в таком виде вывозят на поля.

меньшей степени, частички несколько крупнее глины, например, мелкая пыль, и ее осаждение из воды очень облегчается прибавкой какой-нибудь кислоты или соли.

Очевидно, процесс этот нельзя отождествлять с тем, который происходит при свертывании какого-нибудь коллоида, и нам кажется, что все описанные явления достаточно убедительно говорят за то, что к понятию о «глине» трудно применить эпитет «коллоидальный», приданный ей Шлёзингом, и что термин «ил», примененный к этим мельчайшим механическим элементам почвы А. А. Фадеевым, в большей степени подходит к этой группе, чем название «глина», страдающее слишком большой растяжимостью, при произнесении которого невольно восстает в уме представление о том веществе, которое носит это название в общежитии, и вместе с тем и неопределенность этого понятия.

Этим термином «ил» мы и будем называть эти механические элементы почвы.

Причины свертывания ила от прибавки кислот и солей темны. Эта способность к свертыванию не составляет специфической особенности каких-нибудь определенных соединений, но, повидимому, зависит вообще от того, содержит ли та среда, в которой подвешены частички ила, что-либо в растворе или нет. Так, в чистой концентрированной серной кислоте ил остается в подвешенном [во взвешенном] состоянии, совершенно так же, как и в чистой перегнанной воде. Но если к серной кислоте прилить воды, а к воде серной кислоты, ил в той и в другой тотчас же сбивается в хлопья и выпадает на дно сосуда.*

Способность некоторых веществ, о которых уже упоминалось ранее, содействовать движению частичек ила присуща им лишь в известной степени; как только содержание их в смеси воды с иловатыми частичками достигнет известной величины, присутствие их действует на подвешенные [взвешенные] частички совершенно так же, как и присутствие других солей

* W. Durham. Chemical News. 1878. Vol. XXXVII, № 949, p. 47.

и кислот. Небольшое количество аммиака усиливает движение частичек ила, от прибавки же несколько большего его количества частицы ила сбиваются в хлопья и выпадают.

Иловатые частички, добытые из различных почв, относятся довольно различно к свертыванию. Ил, добытый из подпочвы, не содержащий органического вещества, свертывается от примеси кислоты или соли в крупные, неправильные, клочковатые хлопья, быстро опускающиеся на дно сосуда и оставляющие над собой совершенно прозрачную жидкость в очень короткий промежуток времени. Если почва содержит небольшие количества органического вещества, то иловатые частички ее свертываются в правильные хлопья меньшего размера, опускающиеся на дно гораздо медленнее, и жидкость для осветления требует уже больше времени. Самые же мелкие хлопья образуют иловатые частицы из чернозема, с большим содержанием перегноя, и из типичных подзолистых почв; и для полного осветления жидкости, из которой они оседают, иногда требуется до трех дней.

Мы уже упоминали о способности, которую Шлёзинг приписывает «коллоидальной глине», не осаждаться на дно сосуда, в котором помещается смесь ее с водой. Если мы исследуем эту способность детальнее, то придем к несколько иным результатам.

Если мы нальем в прозрачный сосуд такой воды, в которой взмучены частицы ила, и поставим его в хорошо освещенное помещение, в котором могут происходить довольно большие колебания температуры, то жидкость в нем останется мутной и в ней не замечается никаких перемен, хотя бы она стояла неподвижно месяцы, даже годы. Но все-таки, если мы по прошествии даже двух или трех месяцев осторожно сифоном сольем жидкость, не сдвигая сосуда с места, то мы заметим, что на дне его находится тонкий слой осадка ила, очень легко взмучиваемого при движении сосуда. Но если мы поставим такой сосуд в плохо освещенный угол лаборатории, то по прошествии не-

которого времени мы заметим, что вид жидкости изменился. Окраска ее, прежде равномерная по всей высоте сосуда, теперь стала ясно интенсивнее в нижней части его, и самая светлая окраска находится в верхней части, близ поверхности жидкости. Иногда в этих условиях жидкость разделяется на ясные слои по интенсивности окраски, но слои эти очень неустойчивы. Их ширина постепенно изменяется и притом неправильно: то граница одного из нижних слоев начинает опускаться, то вдруг какой-нибудь из верхних слоев начинает оседать гораздо быстрее нижних. Границы эти то горизонтальны, то они принимают наклонное положение. Очевидно, эти слои не зависят от различной быстроты падения в воде частиц различной крупности, и измерения частичек, взятых из разных слоев, тоже не дают основания предполагать этого.

Вероятно, эта слоистость происходит от неравномерности температуры воды, располагающейся поэтому слоями. Если выставить такой сосуд на солнце или поставить около печки, всякая слоистость пропадает под влиянием токов воды, обусловленных односторонним нагреванием; тогда же под влиянием этих токов частички ила сбиваются в хлопья и садятся на дно сосуда.

Но если такой сосуд поставить в помещение с возможно равномерной температурой и покрыть его покрышкой, совершенно не пропускающей свет, что через несколько времени мы заметим сначала равномерное, снизу вверх идущее, ослабление интенсивности окраски жидкости, как и в первом случае; при дальнейшем стоянии сосуда в верхней части его, у самой поверхности жидкости, обособится слой совершенно прозрачной воды, ясно заметный, если наблюдать через сосуд пламя свечи. Этот обособившийся слой чистой воды растет с каждым днем. Частицы ила, повинуясь силе тяжести, падают в воде. Измеряя толщину слоя этой прозрачной воды, мы измеряем скорость падения этих частичек. Но падение их не совершается одинаково быстро; даже в одних и тех же условиях оно то усиливается, то ослабевает; иногда в двух рядом стоящих сосудах оно совершенно

одинаково; иногда частицы одного сосуда значительно опередят частицы другого и т. д. Условия, в которых произведены эти опыты, не позволяли с желаемой строгостью регулировать нагревание помещения, в котором велись опыты, и, может быть, тут сказывается влияние колебаний температуры. Но во всех случаях правильности падения не замечалось; величина этого падения очень незначительна: она измеряется 1—2 мм, редко достигая 4 мм в сутки. После более или менее продолжительного промежутка времени, величина которого зависит от вышины сосуда, вода осветляется на всю глубину, и частицы ила покоятся ровным слоем на дне сосуда.

Если такой сосуд с осевшим на дно его слоем ила выставить на солнце, то под влиянием токов согреваемой солнечными лучами воды ил начинает опять взмучиваться неправильными волнами и струями, и очень скоро вода опять станет мутной.

Но на рассеянном свете это явление приобретает удивительную правильность.

Если выставить такой сосуд близ окна, выходящего на северную сторону, в которое никогда не проникает прямой солнечный свет, и на таком расстоянии, чтобы на сосуд не могло иметь влияние понижение температуры, могущее произойти около окна, и оградить сосуд с трех сторон и сверху черной картонной ширмой, оставив незатененной только ту сторону сосуда, которая обращена к окну, то частички ила в таких условиях начинают правильно подниматься со дна сосуда, причем поднятие их наибольшее с той стороны дна сосуда, которая обращена к окну, и эта быстрота поднятия постепенно понижается вместе с удалением от окна. При таких условиях через день или два можно заметить, что вода в сосуде разделится на два слоя: верхний — прозрачный и нижний — мутный. Граница между этими двумя слоями не горизонтальна, а представляется наклонной и вместе с тем вогнутой; высшая точка этой поверхности лежит у стенки сосуда, обращенной к окну, низшая на противоположном конце. Если представить себе сосуд раз-

деленным на две части параллельно образующей его цилиндрической стенке вертикальной плоскостью, перпендикулярной к плоскости окна, то на этом разрезе граница прозрачного и мутного слоя воды обозначится в виде кривой, чрезвычайно похожей на обращенную выпуклой стороной вниз параболу, высшая часть которой, соответствующая наименьшей кривизне ее, будет обращена к окну, между тем как низшая ее часть, соответствующая наибольшей кривизне, будет лежать на дне сосуда у стенки, противоположной окну. Помутнение воды постепенно подвигается со временем все выше и выше, сохраняя тот же характер поверхности, отделяющей мутную часть от прозрачной.

Такое отношение иловатых частичек к свету позволяет сделать предположение, что отсутствие оседания их в воде на рассеянном свете, быть может, обусловливается отчасти влиянием этого последнего.

Мы видели, что медленным нагреванием воды, в которой взмучены частички ила, мы можем заставить их, не теряя способности к новому взмучиванию, свернуться в хлопья и осесть слоем на дно чашки. Если мы дадим этому слою уплотниться под влиянием собственного веса хлопьев и сольем с него сифоном прозрачную воду насколько возможно полно, то мы получим таким образом ту же мутную жидкость в очень концентрированном виде, если можно так выразиться.

Возьмем ряд цилиндров одинаковых размеров и нальем в один из них этой, полученной нами, «концентрированной» мутной жидкости; в другой нальем той же жидкости, но разбавленной половинным объемом чистой воды; в третьем разбавим ее равным объемом воды, в четвертом двойным и т. д., пока, наконец, в последнем цилиндре жидкость [не] достигнет прежней концентрации, которую она имела до осаждения из нее ила нагреванием. Оставим все эти цилиндры в совершенном покое, одновременно тщательно перемешав в них жидкость взбалтыванием. Через очень короткий промежуток времени мы заметим,

что в первом цилиндре начинает обособляться сверху слой совершенно прозрачной воды, и вся масса ила начинает равномерно опускаться, сохраняя совершенно горизонтальную поверхность на границе с верхним слоем чистой воды. Это опускание идет сначала довольно быстро, но скорость его прогрессивно ослабевает по мере того, как этот слой ила, так сказать, сплотняется. Во втором сосуде мы заметим совершенно такое же явление, но оно начнется несколько позднее, и скорость сплотнения нижнего слоя будет несколько меньшей.

Через довольно длинный промежуток времени, иногда через 2—3 месяца, слой ила перестанет заметно уплотняться, и тогда он имеет вид плотного осадка, над которым стоит слой совершенно прозрачной воды. Если мы сообщим цилиндру колебательное движение, то мы заметим, что плотность нижнего слоя лишь кажущаяся и что поверхность его колеблется, следя за [вместе с] колебаниями цилиндра и, если они не сильны и не порывисты, не смешивается с водой; совершенно так же, как колебался бы слой воды, над которым налит слой масла. Если бросить в цилиндр тяжелый предмет, например, крупную дробинку, мы заметим, что она свободно погрузится в слой ила и дойдет до дна сосуда, образовав на верхней поверхности этого слоя воронкообразное углубление, которое сохраняется в продолжение месяцев.

В третьем сосуде может повториться то же явление, если первоначальная жидкость (налитая в неразбавленном виде в первом цилиндре) была сильно «концентрирована», с тою разницей, что движение обособившегося слоя ила вниз будет еще медленнее, чем во втором цилиндре, и слой начнет обособляться еще позже. Если жидкость не была очень концентрирована, мы увидим тот же обособившийся слой, опускающийся вниз с еще большей медленностью, но слой, образующийся над ним, уже будет состоять не из чистой воды, а из такой же мутной воды, как та, которая послужила нам для получения нашей «концентрированной жидкости».

Совершенно так же, оставляя над собой слой мутной жидкости, будут обособляться, все более и более запаздывая, слои ила из всех других сосудов, кроме последнего, который в продолжение месяцев будет оставаться неизменным. Движение этих отделившихся слоев вниз будет совершаться все медленнее и медленнее, и интенсивность окраски их будет уменьшаться. В первых цилиндрах слой ила представляется совсем непрозрачным, затем в следующих цилиндрах он постепенно становится просвечивающим и, наконец, в дальнейших делается все более и более прозрачным. Если мы подвергнем микроскопическому исследованию жидкость из каждого такого слоя, то мы увидим, что в тех цилиндрах, в которых над слоем ила стоит чистая вода, частички его в этом слое находятся в таком огромном количестве, что с трудом можно отличить контуры их, и вследствие этой тесноты движения частичек почти нет. Так будет во всех случаях, когда слой ила представляется непрозрачным, как бы в виде плотного осадка. Но уже в тех цилиндрах, где начинается просвечивание этого слоя, благодаря меньшей тесноте, уже замечается движение, сначала судорожное, неправильное, как в тех случаях, когда несколько частичек ила сталкиваются. Но с увеличением прозрачности жидкости и с уменьшением количеств частичек ила в поле зрения микроскопа движение частичек становится все правильнее; и, наконец, в цилиндре, в котором не обособилось никакого слоя, это движение совершается беспрепятственно, лишь с редкими случаями столкновений, и такое же движение наблюдается и в верхних слоях мутной жидкости, из которых выделились нижние, более «концентрированные» слои.

Эти наблюдения и постоянная правильность повторения их, из какой бы почвы ни был получен ил, наводят на предположение о возможности зависимости свойства иловатых частиц оставаться долгое время подвешенными в воде — взмученными — от так называемого Броуновского движения этих частиц. Полное выпадение ила в виде осадка в том случае, когда условия со-

вершенно исключают возможность этого движения, выпадение части ила тогда, когда движение затруднено большим количеством этих частичек, и, наконец, почти отсутствие этого осаждения, когда частички не стеснены в своем движении, все эти явления навязывают для своего объяснения вышеприведенное предположение. Мы уже раньше упоминали о том, что свет, повидимому, оказывает влияние на движение частичек ила в воде. Если мы припомним, что в темноте происходит медленное осаждение частичек ила и сопоставим это наблюдение с только что высказанным предположением, что отсутствие движения частичек ила влечет за собой их выпадение в форме осадка, то и здесь мы можем увидеть намек на возможную зависимость этого Броуновского движения от света. Мы высказываем эти взгляды здесь только в форме, быть может, даже слишком смелого предположения, совершенно ясно сознавая, что произведенных наблюдений и опытов слишком мало, чтобы придать этим предположениям даже тень вероятности, для выяснения которой потребуются строго обставленные физические опыты, произвести которые нам пока не удавалось.

Вообще отношения этих мельчайших частичек к свету своеобразны и интересны; так, независимо от того, из какой почвы получен ил, смесь его с водой, если она не слишком «концентрирована» и при рассматривании на свет кажется прозрачною, всегда флуоресцирует интенсивным оранжево-красным цветом; эта флуоресценция особенно ясна, если рассматривать отражение свечи или лампы, стоящей позади наблюдателя, от стенок цилиндра, наполненного этой смесью ила с водой. Тогда изображение, отражающееся от передней стенки. имеет натуральные цвета; другой вид имеет изображение в задней стенке цилиндра, для образования которого лучи должны были пройти всю толщу жидкости в цилиндре и, отразившись, снова возвратиться через ту же жидкость, чтобы попасть в глаз наблюдателя; изображение окрашено в оранжево-красный цвет. И эта окраска неизменно сохраняется, независимо от того, в какой цвет ок-

рашены иловатые продукты. Возьмем ли мы молочнобелый ил из севрского каолина, или красный ил из красной глины, серый ил из подзола или гжельской глины, наконец, черный ил из чернозема — все они флуоресцируют тем же оранжево-красным оттенком. Кроме флуоресценции, смесь ила с водой при помешивании производит явление опалесценции, зависящее, очевидно, от преломления лучей света в бесчисленных пластинках подвешенного ила.

Возвратимся к нашим цилиндрам, наполненным смесью воды и частиц ила в различных отношениях. Размешаем в них снова жидкость и осторожно внесем в каждый из них небольшое количество отмытого мелкого песка. Мы заметим, что в последнем цилиндре, где жидкость наименее «концентрирована», песок будет падать на дно сосуда, не производя никаких выдающихся явлений, и, осевши на дно, он представится в виде чистого белого слоя. Другое мы заметим в остальных цилиндрах. В следующих нескольких мы тоже не заметим наглаз изменений в жидкости, только слой песка, опустившийся на дно, будет уже несколько окрашен в цвет ила, находящегося в цилиндре; эта окраска, по мере возрастания «концентрации» жидкости, в которой падает песок, будет выражаться все более и более интенсивно. Наконец, когда жидкость настолько «концентрирована», что будет уже не прозрачной, а лишь слегка просвечивающей, мы заметим, что после осаждения песка на дно сосуда концентрация жидкости значительно уменьшится и в тем большей степени, чем большее количество песка было внесено в цилиндр. Песок, лежащий на дне, будет уже сильно окрашен илом и прямо будет заметна значительная примесь последнего к песку. Таким образом песок, падая через слой воды, в котором взмучены иловатые частички, увлекает их за собой на дно и в тем большем количестве, чем больше его падает на дно в воде и чем «концентрированнее» смесь ила с водой.

При добывании «коллоидальной глины» по способу Шлёзинга мы получали целый ряд осадков — мельчайшего песка;

из только что произведенного опыта мы можем заключить, что этот песок увлек, при своем падении, некоторую часть ила; и действительно, если мы соединим несколько порций его вместе и взмутим их с водой, то опять получим осадок такого мельчайшего песка и новое количество «коллоидальной глины»— ила. Повторяя операцию несколько раз, мы, наконец, получим этот тончайший песок в совершенно, повидимому, чистом виде.

Внимательно изучая его, при большом увеличении, мы заметим, что частички этого песка не представляются просвечивающими, а производят впечатление ничтожных комочков земли; если прижать и слегка потереть их движением покровного стеклышка, то мы заметим, что от этих комочков отделяются частички ила, обладающие характерным их движением.

Возьмем порцию этого мельчайшего песка и подвергнем его долгому кипячению в воде; тогда мы увидим, что большое количество песка потеряет свое строение, образовав новое количество ила; того же мы достигнем, хотя в меньшей степени, и простым растиранием его пальцем. После повторенного отделения ила и нового кипячения этого мельчайшего песка мы, наконец, достигнем того, что весь мельчайший песок, собранный из последних порций, выделяющихся в смеси почвы с водой, очень медленно обратится в ил. Он представляет не более как комочки слепившихся частичек ила. Рассматривая, при большом увеличении, более крупные пески, в которых даже простым глазом можно видеть кварцевые зерна, мы заметим, что и к их поверхности пристало большое количество ила; часть этих иловатых частичек отделяется при перетирании песка с водою руками; но это отделение очень несовершенно, и сколько бы мы ни перетирали таким образом песок, сливая мутную воду, мы не достигнем того, чтобы вода, в которой происходит перетирание, оставалась прозрачной.

Очищение песков от приставшего ила гораздо проще достигается кипячением его с дестиллированной водой, и чем крупнее песок, тем отделение иловатых частичек совершается быстрее.

Это очищение песка, размеры частиц которого крупнее 0,25 мм, достигается совершенно после 1—2-часового кипения. Поверхности его зерен под микроскопом кажутся вполне чистыми, блестящими, и не удается открыть прилипших частичек ила. Если после такого кипячения промыть песок и снова кипятить его с чистой водой, она уже более не делается мутной. Но если мы возьмем частички размерами от 0,25 мм до 0,01 мм, то такое двухчасовое кипячение далеко не очистит их от приставшего ила, и нужно кипятить их часов шесть, чтобы достигнуть того же результата.

В более мелких продуктах, в средней и мелкой пыли, этот результат достигается с еще большим трудом. Даже простым кипячением нельзя совершенно достигнуть отделения частичек ила от зерен средней и мелкой пыли и разъединить частицы ила между собою, если последнего в почве содержится большое количество. И это понятно, ибо при таком кипячении частички ила всплывают и при испарении воды прилипают к стенке чашки, в которой производится кипячение, образуя постепенно утолщающееся кольцо высохшего иловатого продукта; это кольцо, высыхая, растрескивается, рассыпается на кусочки, и они опять попадают в чашку, заменяясь новым количеством ила, высыхающего на стенке чашки. Этот процесс достигает результатов, совершенно парализующих действие кипячения.

Если мы высушим в одной чашке некоторое количество чистого ила, а в другой — того же ила с прибавкой песка и пыли и, истерев полученную сухую массу, попробуем в ней вновь разделить кипячением частички ила друг от друга и от кварцевых зерен, прибавленных к ним, то мы увидим, что там, где мы прибавили песка и пыли, это разделение произойдет гораздо скорее, чем в том случае, где мы не производили такой прибавки. Сцепление частиц ила между собою, очевидно, гораздо сильнее, чем сцепление их с частичками кварца, и этот последний, разделяя иловатые частички и мешая образованию большого количества комочков, состоящих из чистого ила, облегчает своим присутствием разделение их.

Таким образом, при кипячении мелких продуктов почвы с водой образующиеся кусочки, состоящие из чистого ила, в огромной степени задерживают действие кипячения. Если следить, чтобы уровень кипящей жидкости не понижался, и если прикрыть чашку часовым стеклом, обращенным выпуклостью вниз, и этим уменьшить скорость высыхания кольца, образующегося на стенке, то эти меры до известной степени парализуют вредное влияние высыхания ила на стенках, но и они все-таки не удаляют его вполне.

Покрытие чашки часовым стеклом уничтожает еще одно явление. При кипении в открытом сосуде мелкие частички ила уносятся током воды в верхние слои жидкости, где происходит наибольшее испарение, и, благодаря ему, образуют на поверхности высыхающую сверху корку, состоящую из слипшихся частичек ила. Когда же чашка покрыта часовым стеклом, пространство между ним и поверхностью кипящей жидкости насыщено парами воды, и испарение с этой поверхности очень невелико; вследствие этого вышеописанной корки почти никогда не образуется и не происходит вредного слипания частичек ила.

Разделение частичек ила легче всего происходит, если после предварительного шестичасового кипячения, когда уже большое количество иловатых частиц освободилось, отделить отстаиванием эти разделившиеся частички и опять продолжать кипячение. Тогда уже, при небольшом содержании их в воде, они не так легко образуют кольцо в стенке сосуда, и оно не достигает таких размеров, и слипание частиц поэтому в очень значительной степени ослабевает. Только таким кипячением с перерывом для отделения частиц ила и можно достигнуть полной чистоты средней и мелкой пыли и полного разделения частиц ила.

При высушивании ила, полученного свертыванием его какой-нибудь солью или нагреванием, прежде очень объемистый осадок чрезвычайно сильно сжимается; при этом он трескает-

ся и отстает ото дна чашки, в которой производится высушивание, в виде свернутых пластинок, похожих на роговые стружки, звенящих при ударе, очень твердых и дающих раковистый излом, со своеобразным точечно-радужным блеском. Это вещество обладает в высокой степени всеми специфическими особенностями «глины». Ил чрезвычайно сильно прилипает к языку, при дыхании издает характерный запах «глины». Поверхность его чрезвычайно легко приглаживается ногтем и от трения пальцами принимает высокой степени полировку. Такая полированная поверхность его производит впечатление масляной или мыльной. В виде теста ил в высшей степени пластичен, но при высыхании чрезвычайно сильно сжимается, так что приданная ему в сыром виде форма сильно искажается. Кроме того, при высыхании это тесто дает трещины. Связанность такого высушенного вполне ила очень велика; она во много раз превышает ту, которою отличается самая тяжелая глинистая почва. Но такой большой связностью ил отличается только тогда, когда пластинка его абсолютно суха; если же она содержит гигроскопическую воду, то вместе с возрастанием содержания этой последней сильно падает связность ила. Гигроскопичность ила чрезвычайно велика, что понятно, если вспомнить, какую огромную поверхность должны представлять эти мельчайшие частички его.

Положенная в воду сухая пластинка ила быстро напитывается ею, и при этом величина пластинки начинает увеличиваться, пока она не расплывется в бесформенную массу, похожую на первоначальный объемистый осадок. Если сформовать из густого теста, образованного смесью ила с водой, призму или цилиндр, то по высыхании, которое совершается в высшей степени медленно, они чрезвычайно сильно сжимаются, так что сухая призмочка или цилиндр занимают объем раза в три меньше того, который они имели в сыром виде. Если полученный сухой ил истереть в ступке — а истирается он, если не очень сух, сравнительно легко в неосязаемый порошок,

производя под давлением пестика звук, похожий на тот, который получается при истирании крахмала, — и положить полученный порошок не толстым, довольно плотным слоем в широкую, открытую с обоих концов трубку на помещенный ниже его слой мелкого песка и поверх этого слоя ила насыпать новый слой того же песка и влить в верхнюю часть трубки воды, мы увидим, что вода, быстро проникнув в песок, начнет медленно вбираться в слой ила и, напитав его, ниже не проникает — такая прослойка ила совершенно непроницаема для воды. То же мы заметим, если будем подводить воду снизу; тогда нижний слой мелкого песка быстро втянет в себя воду, и вода медленно передастся верхней прослойке ила, но выше лежащий песок останется сухим.

Если мы возьмем трубку, завязанную с одного конца плотной материей, наполним ее равномерно порошком ила и опустим завязанным концом в воду, то она станет подниматься в этом веществе, так же как и в том случае, если трубка наполнена пылью; но поднятие будет совершаться с чрезвычайной медленностью, во много раз медленнее, чем в пыли или в песке, но зато высота такого волосного поднятия будет гораздо больше, чем в продуктах более грубых, и часто она достигает двух метров; но по мере поднятия воды скорость его делается все меньше и меньше, вода движется не более, как на несколько миллиметров в сутки.

Если мы из теста, образованного смесью ила с водой, сформируем призму и, когда она высохнет, наложим на ее боковые стороны по толстой пластинке зеркального стекла и скрепим все обоймицами с нажимными винтами, так чтобы призма была заключена как бы в четырехгранную трубку, и опустим конец такой призмы в воду, то мы заметим, что напитывается водой лишь тонкий слой ила внизу трубки, причем часть его как бы выжимается из трубки в подставленный сосуд с водой; но как бы долго ни стояла такая призма в воде, последняя не будет подниматься в ней до тех пор, пока боковые стеклянные пластинки будут плотно прижаты.

Если мы ослабим винты, сдерживающие пластинки, так, чтобы призма свободно стояла в трубке, мы заметим, что вода начинает подниматься вверх по призме, и при этом последняя увеличивается в объеме. Это увеличение в объеме, при впитывании воды илом, так значительно и происходит с такой силой, что часто, если стеклянные пластинки недостаточно толсты, они под давлением расширяющейся призмы ломаются.

Это явление разбухания А. А. Фадеевым объясняется так. В плотном сухом куске ила частички лежат, вероятно, так близко друг к другу, что образующиеся между ними капиллярные промежутки настолько малы, что-вода при своем проникновении в них претерпевает огромное трение, вследствие очень большой поверхности этих скважин по отношению к их объему; это отношение является результатом их ничтожной ширины. Вероятно, что сила трения, которую должна преодолеть вода при своем проникновении в промежутки между частицами ила, больше той, с которой она всасывается в эти промежутки благодаря силе волосного притяжения их стенок. Но эта последняя сила, вследствие малой величины промежутков, в которых она развивается, в свою очередь, настолько велика, что, не будучи в состоянии преодолеть силу трения, она раздвигает частички ила, увеличивая промежутки между ними, пока трение, развивающееся при ее движении, не уменьшится до такой величины, что может быть побеждено волосною силой, развивающейся при прикосновении воды к стенкам промежутков между частичками ила. Это-то раздвигание частичек обусловливает увеличение призмы из ила при ее пропитывании водой.

Какова химическая природа этого вещества? Произведенные нами до сих пор исследования над илом не позволяют еще в определенной форме высказаться о его химической натуре.

Обыкновенно придерживаются того мнения, что «глина», а следовательно, и ил, составляющий ее существенную часть, есть водная кремнекислая окись глинозема, к которой в боль-

шем или меньшем количестве примешаны другие вещества — углекислая известь, окись железа, перегной, мелкий кварцевый песок, листочки слюды, растворимые в воде соли. Многие из этих веществ удается удалить простыми средствами; мы видели, например, что отмучиванием легко удалить кварцевый песок, и в иле микроскопическое исследование не открывает присутствия ни кварца, ни слюды. Так же, обрабатывая ил слабой соляной кислотой, можно удалить и всю углекислую известь. Но уже присутствие в иле окиси железа, как примеси, доказать труднее. При обработке ила, полученного из обыкновенной почвы, кислотой в растворе действительно выделяется большое количество солей железа, но этот прием не дает нам права делать заключение о том, в каком виде было то железо в почве; остаток после обработки ила кислотой также окрашен в тот же цвет, как и до обработки ею, в цвет, который приписывают примеси в глине окиси железа. То же касается и растворимых в воде солей; при выщелачивании их мы удаляем только те, которые не находятся в поглощенном состоянии. Поглощение же растворимых в воде солей заставляет предполагать в иле существование особой группы «цеолитной части почвы», и мы не имеем никакого основания отрицать того, что, может быть, вся масса ила обладает этой поглотительной способностью.

При выделении органического вещества мы также пользуемся очень несовершенными способами. Сжигание — прием настолько сильный, что разрушает органическое вещество, находящееся не только в смеси с минеральным, но и в том случае, когда оба вещества связаны химически. Также и растворение органического вещества связано с разрушением того состояния, в котором оно находится в почве, и этот способ не дает возможности судить о характере его соединений в почве. Кроме того, обыкновенный прием выделения этого вещества связан со следующим неудобством, затрудняющим его добычу в чистом виде. Выщелачивание обыкновенно ведется раствором аммиака или едких щелочей, и получается жидкость всегда сильно окра-

шенная. Но мы знаем, что аммиак и едкие щелочи обладают способностью облегчать нахождение частичек ила в подвешенном состоянии, и в присутствии его они оседают в высшей степени медленно, если только содержание его не очень велико. Поэтому органические вещества, полученные таким образом, очень трудно освобождаются от подвешенного ила. Нужно, чтобы раствор перегноя стоял неподвижно в плоских сосудах месяцы, чтобы из него выделился весь ил. В присутствии ила легко убедиться повторным фильтрованием получаемых растворов; очень скоро фильтр, при таком процеживании, засоряется и оказывается покрытым слоем ила. При осаждении же органического вещества, полученного без предосторожностей, ил увлекается на дно хлопчатым, обволакивающим его осадком перегноя, да и сам свертывается в хлопья. Этот увлекаемый ил и дает повод к нахождению очень больших количеств золы в перегное; зола, полученная из перегноя без предосторожностей, всегда окрашена в красный цвет, и микроскопическое исследование ее указывает на присутствие в ней огромного количества ила. Если же раствор органического вещества стоял очень долгое время в плоских сосудах или был подвергнут медленному фильтрованию через фильтрпрессную ткань или через глиняный фильтр под давлением, тогда в нем оказывается сравнительно уже очень невысокое содержание золы, и она получается ослепительно белого цвета.

При исследовании ила под микроскопом даже очень сильные увеличения не позволяют различать в нем разнородных элементов; все частички его кажутся совершенно похожими одна на другую, как две капли воды, и этот прием также не позволяет пока выводить заключения о характере его составных элементов. Микролиз, при таких больших увеличениях, представляет огромные, почти непреодолимые до сих пор затруднения. Интересно, как равномерно относятся все частички ила к окрашиванию их растворами анилиновых красок: при впускании под покровное стекло капли раствора фуксина или

анилинвиолета все частички ила, без исключения, равномерно окрашиваются, причем интенсивность окраски их при лежании в растворе красящего вещества увеличивается; они как бы концентрируют в себе эти краски, и удалить последние удается только упорным и очень продолжительным промыванием ила спиртом. Но всякие выводы из этого явления, как бы соблазнительными они ни казались, были бы слишком поспешными.

Интересно заключение, сделанное Лоориджем, * что содержание питательных веществ, если их рассчитать на количество глины, будет очень близко в глинах различных почв.

Из исследований, произведенных нами, следует, что, повидимому, можно разделить иловатые продукты, полученные из различных почв, на несколько групп: на ил, получаемый из красной глины, из черноземов, из подзолистых почв, из каолина и т. п. Эти группы различаются по своему составу одна от другой довольно резко, но состав иловатых продуктов, входящих в одну и ту же группу, будет, повидимому, различаться в сравнительно незначительной степени. Исследования эти, однако, недостаточно полны, чтобы можно было сделать из них строго научные заключения, и сообщения их мы принуждены пока отложить на будущее время.

Мы не имеем никакого основания утверждать, что в иловатой части почвы содержится глина, как таковая, понимая под словом глина — водный кремнекислый глинозем, и что другие вещества, например, окись калия, содержание которой в иловатых продуктах почвы поднимается иногда до 9—10%, не находятся в почве в соединении с этой глиной, а входят в состав каких-нибудь его примесей. На это дают нам намек и огромные колебания в содержании конституционной воды в иле. Оно колеблется в широких границах между 6 и 28,5%, насколько

* R. H. Loughridge — On the distribution of soil ingredients among the sediments obtained in silt analysis.

выяснилось до сих пор из наших исследований над этим веществом.

Приемы химического анализа почв не несут в себе достаточного ручательства в том, что они не односторонне разрушают составные ее части, и что водный кремнекислый глинозем не является продуктом приемов химического анализа; совершенно так же, как углекислые соли золы являются продуктом элементарного органического анализа, но не дают права заключить о присутствии их в органическом соединении в виде таковых.

Насколько еще не разработаны приемы химического анализа таких сложных веществ, как глина, можно иллюстрировать простым примером, показывающим вместе с тем, насколько неустойчиво еще и само понятие о глине. Возьмем каолин, употребляемый на любой фабрике фарфоровых изделий, о котором сложилось твердое мнение, что он представляет водный кремнекислый глинозем, возьмем его в отмученном виде, свободным от примеси кварцевого песка, в том виде, в каком он подвергается химическому анализу и в котором он оказывается слишком жирным, и к нему приходится прибавлять на заводе некоторые вещества, чтобы сделать его несколько более тощим. Подвергнем такой каолин механическому анализу, и мы увидим, что 70% его состоит из мельчайшей совершенно белой пыли, в которой под микроскопом и при помощи химического анализа можно узнать полевошпатную муку. И только 30% его состоит из тончайшего вещества — ила, в котором, однако, кроме элементов водного кремнекислого глинозема, химический анализ укажет и присутствие очень заметных количеств других.

Приемы, которыми пользуются обыкновенно для подготовления каолина к химическому анализу, не позволяют отделить этой тончайшей полевошпатной муки, а между тем при анализе каолина неизменно выводится формула водного кремнекислого глинозема. Таков характер наших сведений о химическом составе иловатой части почвы.



ГЛАВА II

Здесь мы постараемся дать краткую оценку главнейших способов механического анализа, употребляемых в настоящее время.

Мы не ставим себе задачей дать полную критическую оценку всех способов механического анализа, предложенных до сих пор; это была бы слишком обширная и слишком неблагодарная задача. Нашему вниманию подлежат здесь лишь те способы, которые в настоящее время пользуются широким распространением; это способы Э. Б. Шёне, Е. Гильгарда и Ф. Шлёзинга; кроме того, мы рассмотрим и способ А. А. Фадеева, пользующийся распространением в России.

Во многих руководствах к агрономическому анализу, кроме перечисленных способов, описываются еще способы Нёбеля, Кюна, Бенигсена и Мазюра. Оставляя в стороне колбу Бенигсена, применение которой считается всеми возможным только для приблизительного суждения о механическом составе почв, и конический сосуд Мазюра, который отличается от прибора Э. Б. Шёне только своим меньшим совершенством, мы имеем способы Нёбеля и Кюна, употребление [применение] которых еще предлагается в учебниках. Но после исследований Э. Б. Шёне и Гильгарда, произведенных над этими приборами, вряд ли можно сомневаться в том, что результаты, получаемые при помощи их, не удовлетворяют требованиям, предъявляемым в настоящее время к способам механического анализа.

Способы Дитриха и Мюллера подвергнуты критике в статье Э. Б. Шёне о механическом анализе, и говорить о них ввиду этого является излишним.*

Что касается аппарата Деца,** то нам неизвестно никаких работ, произведенных над ним, и мы не могли, за неимением прибора, заняться исследованием его, но, рассуждая a priori, можно предположить, что вряд ли при работах с ним можно получать точные результаты.

При одновременном падении в цилиндрической трубке всех механических элементов почвы более крупные из них, падая быстрее, будут увлекать за собою мелкие частички, как это мы видели при опыте с падением песка в цилиндрах, в которых находился взмученный в воде ил. Благодаря тому, что в различных почвах необходимо будет различное содержание крупных продуктов и ила, то в каждой отдельной почве количество увлекаемых мелких частиц будет различно; поэтому нам кажется, что этот прибор не только не даст резко выраженных результатов для одной почвы, благодаря смешанности продуктов, получаемых при его помощи, но ввиду непостоянства количества увлекаемых мелких продуктов в результаты его нельзя ввести постоянной поправки, которая бы делала их годными для сравнительных исследований многих почв.

Что касается способов Тэера, Шмальца, Шюлера, Бенигсен-Фердера, Троммера, Кнопа, Вольфа и многих других, то они принадлежат уже истории.

В классической статье Э. Б. Шёне, к сожалению, ставшей уже библиографической редкостью, законы падения частицы в воде и условия отмучивания в струе движущейся воды выведены с такой полнотой и проверены с такой точностью, что в этом отношении вопрос можно смело считать исчерпанным; мы здесь поэтому и не станем заниматься рассмотрением этих законов

* Ueber Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat. Berlin, 1867.

** Zeitschrift für analytische Chemie, XII, S. 42.

и условий, а укажем желающим ближе ознакомиться с ними на не раз упоминавшуюся уже статью уважаемого исследователя.*

Прибор, который предложен Э. Б. Шёне и описание которого можно считать совершенно излишним, благодаря всеобщей известности, которою он пользуется, бесспорно принадлежит в настоящее время к наиболее распространенным.

И эта широкая известность его и распространение служат лучшим доказательством того, насколько он оправдал требования, которые выяснены с такой подробностью его автором. До настоящего времени это лучший прибор для разделения частиц известной крупности, позволяющий, благодаря пиэзометрической трубке, почти с математической точностью регулировать быстроту движения воды в его цилиндрической части. В продолжение его двадцатипятилетней известности ни один из многочисленных исследователей, работавших с ним, не мог пожаловаться на то, чтобы хотя раз этот прибор изменил своему назначению. Слишком много раз деланы проверки его для того, чтобы мы решились предложить вниманию читателей еще данные, иллюстрирующие блестящее оправдание тех надежд, которые возлагаются на него в статье исследователя, имя которого он носит.

При требованиях, предъявляемых механическому анализу в настоящее время, является необходимость прежде всего отделить от почвы тончайшую часть ее — ил и затем разделить оставшуюся часть по величине зернышек, ее составляющих, на несколько групп. Разделение частиц крупнее 0,25 мм производится обыкновенно ситами, и, таким образом, на долю отмучивания выпадает задача, кроме отделения ила, разделить еще пылеватую часть почвы на группы по крупности частичек, их составляющих. Мы видели, что принятая нами классификация

* E. Schöne.— Ueber Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat. Berlin, 1867; также в Bulletins de la Société Impérial des Naturalistes de Moscou, 1867, № 11, p. 324—405.

делит пыль на крупную, среднюю и мелкую, соответствующую размерам 0,25—0,01 мм, 0,01—0,005 и 0,005—0,0015 мм. Из исследований, произведенных в последние годы над отношениями механических элементов почвы к воде,* выясняется уже необходимость подразделения группы крупной пыли на более мелкие части. Есть основание предполагать, что и в группе средней пыли границы размеров частичек слишком широки, и со временем придется раздробить и эту группу. В этом более детальном дроблении двух групп пыли главная роль принадлежит аппарату Э. Б. Шёне. Только он дает возможность точного разделения таких мелких частичек. Что касается отделения группы мелкой пыли и ила, то в этом случае применение его становится уже или в высшей степени затруднительным, или невозможным.

Уже при отделении мелкой пыли приходится иметь дело с такой ничтожной скоростью движения воды в цилиндрической части трубки, что соответствующая ей быстрота струи в нижней области конической части прибора настолько мала, что не в силах поддерживать, во взмученном состоянии, частички крупной пыли в 0,25 — 0,01 мм, находящиеся одновременно в приборе. Эти пылеватые частички оседают в изгиб трубки, приводящей воду, и, если их много, закупоривают ее, при незначительном же содержании этих частичек только отчасти запирают просвет этой трубки, и от этого струя воды, входящая в прибор, теряет ту правильность, которая составляет одно из важнейших преимуществ этого прибора. Кроме того, регуляция таких ничтожных скоростей воды представляется очень трудной, благодаря небольшой высоте столба воды в пиэзометрической трубке.

То же самое затруднение в регуляции скорости движения воды, граничащее с полной невозможностью ее, получается при попытках отделить иловатые частицы. И здесь тоже замечается закупоривание нижнего отверстия прибора, и вода пробирается в него по извилистому ходу, который она прокладывает в осаж-

* См. исследования Вольни над отношениями почвы и ее составных элементов к воде в его Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

дающихся частичках пыли, и выходит из небольшого отверстия, промытого ею в этом плотном слое осевшей пыли. Как только установился такой ток воды в виде тонкой струйки, окруженной почти покойной водой, осаждение частичек почвы в этой области стоячей воды идет еще быстрее, так что после некоторого времени взмученными остаются, повидимому, одни только частички ила. Казалось бы, поэтому, что осаждение пыли не препятствует отделению ила и что, когда мутная вода, стоящая над осадком, стечет и заменится прозрачною, можно бы, увеличив сразу на короткое время струю входящей воды, взмутить осевшую пыль и еще раз повторить отмучивание, как бы промывая на этот раз пыль от увлеченного при падении ее ила. Но оставляя в стороне неизящество такого приема, мы, собственно говоря, производим осаждение частичек ила из стоячей воды в приборе для отмучивания в текущей воде. С этим можно было бы помириться, если бы такой способ представлял какие-нибудь преимущества перед отмучиванием в простом цилиндре. Но даже помирившись с этим, мы все-таки не можем достигнуть такого отделения иловатых частичек.

На границе той тоненькой струйки, которая пробивается через осевшую в трубке пыль, совершенно так же, как и в том случае, когда мы нагреваем воду, содержащую ил в чашке, начинается образование сначала мелких хлопьев, потом они растут, благодаря прилипающим к ним другим частичкам, и эти хлопья медленно опускаются на дно сосуда, и в скором времени весь столб воды осветляется.

Все эти обстоятельства делают прибор Э. Б. Шёне неприменимым для производства полного механического анализа почв, долженствующего дать нам средства для суждения о физических свойствах почвы; но услуги его делаются незаменимыми в том случае, когда является необходимость разделить пылеватую часть почвы на более мелкие группы, а эта необходимость выяснится, вероятно, в очень скором времени.

Резко отличается от прибора Э. Б. Шёне аппарат Гильгарда,

несмотря на то, что он произошел из первого. Стараясь отделить очень мелкие частички почвы при помощи прибора Э. Б. Шёне, Гильгард* столкнулся с только что описанными препятствиями и, чтобы избежать их, он нашел нужным сделать в этом приборе некоторые изменения, назвать которые, вместе с Гильгардом, улучшениями мы не решаемся.

Прежде всего, для избежания засорения приводящей трубки он ее отрезал и соединил коническую часть прибора при помощи пробки с коротко отрезанной, конической же, пробирной рюмкой, в которую через трубку, прободающую ту же пробку, вода притекала сверху. При таком устройстве частички почвы, которые не поддерживались струей воды во взвешенном состоянии, проникали в рюмку и в ней осаждались на дно, не мешая притоку воды.

Но и этим образование хлопьев не прекращалось, и Гильгард объясняет их образование присутствием нисходящих токов близ стенок прибора. Нам не удавалось ни разу наблюдать таких нисходящих токов, даже при самых ничтожных скоростях воды. Повидимому, образование их надо приписать лишь разнице в скорости течения воды в средине сосуда и близ стенок его, зависящей от трения жидкости о стенки сосуда. Но чем бы оно ни обусловливалось, такое образование хлопьев продолжалось. Тогда Гильгард нашел нужным сделать еще одно улучшение и заменил коническую трубку простою цилиндрической, и таким образом эти улучшения привели к прежним цилиндрическим приборам, все неудобства которых были точно оценены исследованиями Э. Б. Шёне и устранены в его приборе.

Но эта замена не повела все-таки к устранению свертывания ила; разница в скорости токов воды по оси трубки и у стенок ее все-таки оставалась, и продолжалось осаждение тонких ча-

---

* E. Hilgard.— On the silt analysis of clays and soils. American Journal of Science and Arts. Third series. Vol. VI (Whole number CVI) № 31 17.3, p. 288.

стичек ила в виде хлопьев.* Тогда эта замена повлекла за собою еще одно усложнение в приборе. Пришлось ввести в нижнюю часть трубки крыльчатый прибор, который механически разбивал бы оседающие хлопья и вновь вводил бы их в действие тока воды, и, чтобы не дать движению воды, производимому быстрым движением крыльев, распространяться по длине трубки, пришлось поставить в нижнем конце ее сетку с отверстиями в 0,8 мм. Кроме этих перемен, Гильгард для простоты заменил точную регуляцию скорости воды по указаниям пиэзометрической трубки менее совершенною, при помощи простого крана, рычаг которого обращен в стрелку, движущуюся по циферблату, с нанесенными на последнем, опытным путем найденными, делениями, которые указывают на скорость воды при данном положении пробки крана. Верхнее отверстие трубки, в которой производится отмучивание, замыкается пробкой, через которую проходит согнутая стеклянная трубка, служащая для отвода воды, уносящей отмученные частички почвы.

Такой прибор американский ученый считает удовлетворяющим тем требованиям, перед которыми оказался бессильным аппарат Э. Б. Шёне. Но, как в аппарате цилиндрическом, в нем уже на основании теоретических соображений, выясненных с достаточной полнотой исследованиями Э. Б. Шёне, нельзя предполагать способности к разрешению предлагаемых ему задач. И это предположение подтвердилось при испытании его.

Прибор, которым мы пользовались, был построен, под нашим руководством, по точным указаниям оригинальной статьи Гильгарда. Единственное отступление от описания его, которое мы себе позволили сделать, была замена материала, из которого должна бы состоять та часть, в которой вращается крыльчатый прибор. Гильгард описывает эту часть, как сделанную из фарфора, мы же были принуждены выточить ее из латуни.

* По нашим наблюдениям, эта разница скоростей токов воды в цилиндрической трубке Гильгарда даже гораздо выраженнее, чем в конической части трубки Э Б. Шёне.

Впоследствии нам удалось видеть прибор, построенный под руководством автора его, и в этом приборе упоминаемая часть оказалась не фарфоровой, а также латунной. Да и замена эта не могла иметь никакого влияния на результаты, получаемые при помощи этого прибора.

Весь прибор помещался на прочном штативе, опиравшемся на уравнительные винты, что давало возможность привести трубку его в строго вертикальное положение. Трубка была строго цилиндрическая, шлифованная с внутренней стороны. Таким образом были удовлетворены два главных требования, которые автор этого прибора считает безусловно необходимыми для правильности хода отмучивания. Последнее велось исключительно дестиллированной водой, притекающей из большого Мариоттова сосуда.

Но при соблюдении всех условий, предписываемых автором прибора, нам не удавалось получить таких точных и согласных результатов, какие получаются при помощи аппарата Э.Б. Шёне.

Наименьшая скорость струи, которую возможно получить при помощи прибора Гильгарда, равна 0,25 мм в секунду — результат, который легко и с гораздо большей точностью, благодаря чувствительности пиэзометра, получается в приборе Э. Б. Шёне. Эта скорость струи соответствует диаметру частиц, уносимых ею, равному 0,012—0,013 мм, и, следовательно, соответствует размерам средней пыли, которая будет унесена такой струей вместе с мелкой пылью и илом.

Гильгард не претендует на то, чтобы при помощи его прибора можно было отделить ил, или, как он его называет, глину,*

* В реферате статьи Гильгарда, в журнале Вольни «Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik», Bd. X, 1887, S. 368, английское слово «clay» переведено немецким «Staub» — пыль, тогда как оно должно переводиться словом «Thon» — глина. Кроме того, в этом реферате, по недосмотру, пропущено совсем определение количества глины в почве по Гильгарду, и этот пропуск повторяется и в других описаниях, сделанных, очевидно, по этому реферату, например, у А. Я. Щербакова, во второй части его «Способов санитарных исследований», стр. 338—340.

от других составных частей почвы. Отделение глины производится так. После кипячения почвы ее переносят в чашку, емкостью в $1—1^1/_2$ л, и, взмутив в ней с водой, оставляют стоять до тех пор, пока не осядут все частички, которые могут быть унесены струей воды, скорость которой равна 0,25 мм в секунду (это время легко определяется вычислением, причем надо принять в соображение вышину слоя воды в чашке). По прошествии этого срока сливают воду и эту операцию повторяют до тех пор, пока над осевшей частью почвы останется чистая вода. Тогда осадок поступает в прибор. Так как при этом сливании вместе с глиной унесено и много мелкого песка, то полученную мутную воду наливают в сосуд, в котором она занимает вышину в 200 мм, и оставляют стоять в продолжение двадцати четырех часов, после чего ее сливают и повторяют такое сливание, заменяя мутную воду свежей, от шести до девяти раз.

Полученный осадок мелкого песка присоединяют к части его, уносимой из прибора струей, скорость которой равна 0,25 мм. Взмученную в большом объеме воды глину осаждают прибавкой поваренной соли (50 куб. см насыщенного раствора на каждые 1000 куб. см жидкости). Прозрачную воду сливают и собирают осадок глины на взвешенный фильтр, где его промывают слабым раствором той же соли, потом высушивают до постоянного веса и взвешивают.

Таким образом этот прибор также не может служить для определения ила, и роль его, следовательно, сводится к той же, как и аппарата Э. Б. Шёне.

При отмучивании частиц очень мелких, оставшихся после отделения глины, мы замечаем, что недостатки, которые Гильгард нашел в приборе Э. Б. Шёне, не устранены и в его приборе. Образование хлопьев из этих мелких частичек (тоже способных образовать хлопья, как мы уже говорили ранее) действительно не происходит в нижней части прибора, благодаря движению крыльев, и это влияние крыльев замечается приблизительно до высоты нижней трети трубки, но в верхних двух третях длины

ее, благодаря той разнице скоростей в различных частях трубки, о которой мы уже упоминали, это образование идет с той же интенсивностью. Кроме того, имеется и еще одно место, где замечается сильное образование хлопьев; мы помним, что трубка замыкается сверху пробкой, в которую вставлена небольшая стеклянная трубка. Переход из широкой (35 мм) трубки в узкую (3—4 мм) так резок, что здесь, конечно, должно образоваться кольцеобразное пространство, в котором вода находится лишь в очень слабом крутящемся движении, и вот здесь-то и замечается особенно сильное образование хлопьев. Раз образовавшись, хлопья тотчас же прилипают к стенке трубки или же спускаются вниз и попадают в область действия крыльев; тут хлопья разбиваются; частички, составляющие их, опять уносятся вверх, там снова образуют хлопья, и так продолжается это движение вверх и вниз, в чрезвычайной степени задерживая отмучивание. После того как отмучивание велось некоторое время, мы заметим, что частицы как-то особенно охотно сбиваются в хлопья, и через несколько часов работы все стенки трубки сплошь покрыты слоем таких хлопьев. Если прекратить действие прибора, вынуть пробку и бородкой пера стереть эти хлопья, а потом возобновить работу, то все-таки такое свертывание повторится и уже на этот раз гораздо скорее, чем в первый раз. Это в высшей степени отягчает работу.

В почвах темных никакой особой перемены при этом не замечается; но если взять белый каолин, пылеватая часть которого также белая, мы заметим, что оседающие хлопья со временем становятся зелеными. Разобрав прибор и исследовав его части, мы найдем, что поверхность латунных продырявленных крыльев, бывшая прежде полированной, как зеркало, стала совершенно матовой. Очевидно, вращаясь так быстро (500—600 оборотов в минуту по предписанию Гильгарда) в воде, наполненной взмученными зернышками кварца и других минералов, вещество крыльев быстро снашивается, и, так как вода содержит в растворе кислород и углекислоту, последние переводят образу-

ющуюся мельчайшую медную пыль в медные соли, отчасти растворимые в воде и обусловливающие своим присутствием наклонность частичек к свертыванию. То же явление повторилось и после того, как число оборотов крыльев было уменьшено с 600 на 300 в минуту. Все эти явления обусловливают то, что работа этим аппаратом идет чрезвычайно медленно и очень неприятна.

При отделении частиц более крупных эти мешающие обстоятельства постепенно ослабевают, но получаемые результаты также неудовлетворительны и далеко не отличаются той изящной резкостью и определенностью, которая достигается при употреблении прибора Э. Б. Шёне, как это видно из приведенной ниже таблицы, дающей результаты нескольких анализов одного каолина по способу Гильгарда.

Таким образом мы видим, что прибор Гильгарда, отличаясь гораздо большей сложностью, чем прибор Э. Б. Шёне, не обладает достоинствами его. Определение быстроты тока воды в нем достигается способом грубым, по сравнению с почти математической точностью, которой отличается регуляция этой быстроты во [при] втором способе.

При всей своей сложности и дороговизне (он приблизительно в 10 раз дороже прибора Э. Б. Шёне) этот прибор не идет далее аппарата Э. Б. Шёне в разделении частиц почвы. В обоих случаях пределы величины частичек, которые могут быть отделены, лежат около 0,01 мм. Как тот, так и другой не могут выделить из почвы иловатых частиц, и они определяются отдельно осаждением.

Имея, таким образом, значение только в разделении крупной пыли на более мелкие группы, эти аппараты могут удовлетворять далеко не всем требованиям, предъявляемым механическому анализу; но и для получения тех неполных сведений, которые они могут дать, нам кажется, нельзя сомневаться в изображении способа — выбор должен необходимо склониться в пользу аппарата Э. Б. Шёне, ибо характер результатов, полу-

чаемых при употреблении прибора Гильгарда, становится совершенно ясным при рассмотрении следующих чисел.

Анализы № 4 и № 5 сделаны над двумя различными навесками одного и того же каолина. Для анализа № 6 продукты анализа № 4 были все опять смешаны; то же самое было сделано и с продуктами анализа № 5, и результаты этого вторичного анализа приведены под № 7.

	№№ анализов			
	4	5	6	7
Глина < 0,0015 мм	35,86	41,95	43,18	42,29[19]
Частички от 0,0015 до 0,005 мм . . .	43,79	32,81	24,43	27,65
» » 0,005 » 0,01 » . . .	6,42	9,43	24,02	13,08
» » 0,01 » 0,25 » . . .	14,42	15,51	9,37	17,15
» > 0,25 мм	0,04	0,22	0,04	0,24
Сумма	100,53	99,92	101,04	100,41

Из приведенных чисел ясно видно, что анализ по способу Гильгарда дает результаты, совершенно несравнимые не только для навесок одной и той же почвы, но даже при повторении анализа над той же навеской полученные числа разнятся между собой в значительной степени. Мы бы могли привести несколько рядов подобных чисел, но не решаемся занимать внимание читателей такими данными и ограничимся только тем, что упомянем, что такие проверки были сделаны нами еще для почвы песчаной, глинистой и для чернозема и что во всех случаях оказалась такая же непригодность этого способа для решения задач, предлагаемых механическому анализу.

При механическом анализе почв по способам Э. Б. Шёне и Гильгарда, так же как и по менее совершенным способам Нёбеля, Кюна и т. п., получаемые результаты отличаются некоторыми особенностями.

Почва при этом делится на три резко обособленные группы частиц. Первая группа отделяется помощью сит и ими же разбивается на более мелкие подразделения, носящие названия хряща и песка. При подобном разделении получаются продукты,

обладающие строго одинаковыми физическими свойствами, * если они были разделены одинаковыми ситами. Например, песок крупностью от 1 до 0,5 мм будет обладать всегда одинаковыми физическими свойствами, из какой бы почвы он ни произошел.

Но уже в отделении таких частиц, которые получаются отмучиванием, замечается некоторая разница. В таких приборах, где можно изменять и регулировать быстроту тока воды, можно, путем соглашения в выборе скорости струи, достигнуть того, что и более мелкие продукты будут получаться однородные, обладающие одинаковыми физическими свойствами. Но этого нельзя достигнуть в таких приборах, где мы лишены возможности регулировать быстроту тока воды, и благодаря этому тот продукт, который под названием, например, пыли получается при употреблении одного прибора, является совсем не тождественным с тем продуктом, который получается под тем же названием при употреблении другого прибора: он может быть крупнее или мельче второго, или же он представляет тот же продукт, но смешанный с бо́льшим или меньшим количеством другого, более мелкого или более крупного. Одним словом, даже при помощи соглашения,[20] нельзя получить однородных продуктов такими способами, которые не допускают свободной регуляции тока воды. То же самое касается и приборов Э. Б. Шёне и Гильгарда по отношению к тем продуктам, которые благодаря незначительности размеров своих не могут быть разделены на более мелкие группы в этих приборах. Это будут продукты мельче 0,01 мм. Даже если мы предположим, что осаждением мы удалили из них все количество ила, т. е. продукта мельче 0,0015 мм, то и тогда разница между наибольшим диаметром частиц этих продуктов — 0,01 мм и наименьшим — 0,0015 мм

* Говоря здесь о физических свойствах продуктов механического анализа, мы не имеем в виду так называемых внутренних физических свойств, не зависящих от крупности частичек.

так велика, что в двух различных почвах продукт, размеры частиц которого колеблются между этими границами, может обладать очень различными свойствами. Мы видели, что частицы таких размеров разделены в вышеприведенной классификации на две группы: на среднюю и мелкую пыль; пределы размеров частичек их заключаются между величинами в 0,01—0,005 мм и 0,005—0,0015. Эти две группы обладают резко различными физическими свойствами, особенно различно они относятся к воде. Одна почва может содержать ничтожное количество средней пыли и большое количество мелкой, тогда как в другой почве отношение между этими группами может быть огромное [иное?]. Вследствие этого смесь обеих групп пыли в каждой почве будет обладать очень различными свойствами, в зависимости от перевеса в них средней или мелкой пыли. А между тем приведенные способы механического анализа не укажут нам на характер этой смеси.

В еще большей степени выразится такой характер результатов всех прежних способов механического анализа по отношению к так называемой глине. Все эти способы именно и отличаются друг от друга тем, что «глина» определяется в каждом из них различным путем. Или употребляется отстаивание в продолжение самых разнообразных промежутков времени, или же «глина» вымывается струей воды самой разнообразной скорости. Ясно, что сравнивать между собой почвы по содержанию в них «глины», определенному по различным способам, невозможно. Иногда в той почве, в которой по одному способу находят 25% глины, по другому способу можно открыть 75% ее. Мало этого, нельзя сравнивать между собой даже анализы почв, произведенные по одному и тому же способу, ибо вещество, получаемое при них под названием «глины», есть смесь ила — вещества, обладающего очень характерными свойствами, с различным количеством пыли различной крупности. Предположив даже, что к илу примешана всегда пыль одной и той же крупности, мы и то получаем для каждой отдельной почвы, под названием

«глина», смесь различного количества ила с различным же количеством пыли. В одной такой «глине» может содержаться 10% пыли и 90% ила, в другой может быть 90% пыли и 10% ила. Какими разнородными свойствами должны обладать такие смеси, и какое огромное разнообразие может быть таких смесей! Короче сказать, всякая отдельная «глина», добытая из другой почвы, будет обладать совершенно своеобразными свойствами, о которых старые способы механического анализа не могут дать нам никаких сведений. Вот причины, по которым все исследования, произведенные по всем прежним способам, не могут дать, с научной точки зрения, сравнимых между собой результатов. От этих недостатков не свободны, как мы видели, также способ Гильгарда и даже способ Э. Б. Шёне.

Третий способ, пользующийся теперь широким распространением, выработал Шлёзинг на основании его исследований над глиной. В отличие от других способов, в которых применяются исключительно физические методы разделения механических элементов почвы, в своем способе Шлёзинг употребляет и химические приемы для разделения составных частей почвы, почему и придает ему название физико-химического анализа почв. Способ этот изложен в руководстве Грандо * с некоторыми изменениями по сравнению с тем, как его излагает Шлёзинг, ** и поэтому мы здесь вкратце изложим это различие. Начнем со способа Шлёзинга, свободного от изменений, внесенных в него Грандо.

Для анализа берется количество воздушносухой почвы, соответствующее 1000 г абсолютно сухой; содержание влажности [влаги] в ней, следовательно, предполагается известным. Все это количество почвы размачивается в воде до консистен-

* Grandeau.— Handbuch für agrikulturchemische Analysen. Berlin, 1879, S. 104—108.

** Th. Schloesing.— Contribution à l'étude de la chimie agricole. Paris, 1888, p. 80—87.

ции жидкого теста, которое тщательно переминается руками, после чего оно выливается в сито с промежутками в 1 мм, помещенное над обширной чашкой, над которой содержимое сита до тех пор промывается струей воды и переминается руками до тех пор, пока стекающая вода не будет совсем прозрачна. Содержимое сита высушивается, органические остатки из него выдуваются или выбираются рукой и взвешиваются. Оставшийся гравий отделяется от камней просеиванием через сито с промежутками в 5 мм, и оба продукта взвешиваются.

Прошедшая через сито часть почвы вместе с водой находится в чашке, где ее оставляют стоять в продолжение двадцати четырех часов; тогда воду сливают с осевшей просеянной земли (terre tamisée) и последнюю просушивают до консистенции густого теста. Так как при осаждении частицы почвы расположились послойно, крупные внизу, более мелкие сверху, то, чтобы получить равномерную массу, ее переминают тщательно руками и из этой массы берут пробу для анализа.

Такой операции подвергают почву в том случае, если она плотна и трудно просеивается; если же почва рыхлая, то с ней поступают иначе. Такое же отвешенное количество почвы просеивается в сухом виде через сито с отверстиями в 1 мм; но это просеивание не ведется до конца, а только до тех пор, пока не наберется достаточное для следующих операций количество просеянной почвы; остальная часть на сите подставляется под кран водопровода и промывается до тех пор, пока стекающая вода не будет больше мутной. С оставшимися на сите крупными продуктами поступают так же, как и в предыдущем случае.

Количество полученных камней, хряща и грубых органических остатков, так же как и количество «просеянной почвы», получаемое из разности, выражается в виде чисел, дающих содержание их в 1000 г абсолютно сухой почвы.

Для дальнейшего анализа навешивается около 10 г почвы и, чтобы облегчить дальнейшее вычисление, берут количество ее,

определяемое формулой $\frac{p}{100-h}$, где p выражает количество просеянной почвы, заключающееся в 1000 г абсолютно сухой первоначальной почвы, а h — процентное содержание влажности в просеянной почве. При этом полученные числа, определяющие содержание различных продуктов во взятой навеске, умноженные на 100, дадут содержание их в 1000 г почвы. Влажность просеянной почвы определяется при температуре в 50—100° С.

Отвешенное количество просеянной почвы помещают в тарированную фарфоровую чашечку (10 см в диаметре) и, прибавив в нее воды, переминают почву пальцем; по прекращении разминания отсчитывают 10 секунд и сливают воду из чашки в стакан, не трогая осевшего песка, и эту операцию продолжают до тех пор,пока стекающая вода не будет прозрачна. Оставшийся грубый песок сушат и взвешивают в той же чашке. После этого приливают к нему опять воды и азотной кислоты, прибавляя последней до тех пор, пока не прекратится шипение. При этом растворяется известковый песок, освобождая «иловатое тело» (corps limoneux). По окончании растворения извести песок снова промывают, сушат и взвешивают. Потеря его в весе дает количество «грубого известкового песка»; в этом последнем весе заключается и вес иловатого тела, освободившегося при растворении известкового песка, но оно так и должно быть по мнению Шлёзинга, ибо это последнее тело входит в состав известкового песка.

В том стакане, куда сливалась мутная жидкость при определении крупного песка, заключается вся глина и весь мелкий песок. Содержимое стакана взмучивают и вливают в него азотной кислоты, прибавляя последней до тех пор, пока, при существовании ясно кислой реакции, не прекратится выделение пузырьков. Тогда всю смесь фильтруют и собравшуюся на фильтре почву промывают водой до полного удаления кислоты. Если выделение пузырьков углекислоты, при обработке азот-

ной кислотой, было очень незначительно, то отфильтрованную жидкость нейтрализуют аммиаком (при этом выпадает также обыкновенно ничтожный осадок водной окиси железа, фосфорных солей железа, алюминия, извести и силиката извести), прибавляют уксусной кислоты до ясно кислой реакции, фильтруют, промывают осадок и в полученном фильтрате определяют известь осаждением в виде щавелевоизвестковой соли. В других случаях определяют «мелкий известковый песок» из разности. Иловатое тело, выделяемое известковым песком, при растворении последнего остается в смеси с мелким песком и с глиной, найденное количество которых в почве будет поэтому несколько преувеличено.

Оставшуюся на фильтре смесь мелкого песка и глины переносят в стакан емкостью в 2 л и фильтр обмывают над ним же. Прибавляют 1 или 2 куб. см аммиака, чтобы растворить гуминовую кислоту, склеивающую частички глины, и дают смеси постоять 3 или 4 часа. По истечении этого срока наполняют стакан дестиллированной водой и, размешав, оставляют стоять 24 часа, по прошествии которых сливают мутную жидкость сифоном, наклоняя под конец сливания сосуд и убавляя скорость истечения воды из сифона. Если почва содержит очень много глины, в стакан наливают вновь 1 л воды и также отстаивают 24 часа, и мутную воду сливают в тот же сосуд, куда собирали воду, полученную от первого сливания. Осадок высушивают и взвешивают; это будет «мелкий песок».

В слитой воде содержится все количество «глины»; ее свертывают прибавкой кислоты, и она оседает в хлопьях. Оставшуюся над осевшей глиной светлую жидкость сливают, осадок собирают на фильтр и промывают. Когда вода стечет, фильтр вынимают из воронки, складывают его так, чтобы он образовал четверть круга, и высушивают между пропускной бумагой до тех пор, пока содержащаяся в нем глина [не] сделается настолько пластичной, что из нее можно сформировать комок; этот комок переносят в чашку и сушат. Фильтр также высушивают, сжи-

гают и золу его вместе с оставшимися с ней частичками глины присоединяют в ту же чашку, в которой и взвешивают вместе с глиной, когда последняя высохнет. Таков ход физико-химического анализа почв по Шлёзингу.

Грандо описывает его с некоторыми изменениями. Определение гигроскопической воды им производится при 150° С. Определение грубого песка не производится отдельно; он взвешивается вместе с мелким песком. Грандо ограничивает количество воды, употребленной [употребляемой] для разделения глины и песка, 250 куб. см. При большом содержании извести в почве он рекомендует подогревание сосуда, в котором производится растворение. Известковый песок также не делится на две группы, а просто определяется общее количество его. При определении глины Грандо вводит еще определение черного вещества почвы (matière noire). Для растворения этого вещества употребляют по способу Грандо или 2—3 куб. см аммиака, или 0,5 г едкого кали и оставляют смесь стоять 5 часов (если не было употреблено слишком много воды для смывания смеси глины и мелкого песка с фильтра). Эта операция производится в стакане емкостью в 250 куб. см (вместо 2 л по Шлёзингу). По прошествии пяти часов содержимое стакана тщательно взбалтывается, доливают его доверху водой и оставляют стоять 24 часа. По окончании этого срока мутная вода сливается в стакан, вмещающий 1500 куб. см, и оставшийся в маленьком стакане осадок опять перемешивают с водой, которую, по прошествии двадцати четырех часов, снова сливают в тот же большой стакан, повторяя эту операцию 4, 5 или 6 раз. Осадок представляет «мелкий песок», и с ним поступают так же, как в вышеописанном способе.

В большом стакане содержится теперь, взмученной в воде, вся глина и весь перегной. Иногда глина под влиянием едкого кали, употребленного для растворения перегноя, уже находится в свернутом состоянии, но все-таки лучше для этой цели прибавить 5—10 г хлористого калия; после осаждения глины жидкость сливают сифоном, осадок собирают на фильтр, про-

Механический состав почв

	Название			
	Каолин		Глинистая	
	№№ ана			
	8	9	10	11
Крупный известковый песок	0,054	0,041	1,040	1,278
Мелкий известковый песок	0,528	0,233	0,941	0,549
Всего известкового песка	0,582	0,274	1,981	1,827
Грубые органические остатки	следы	следы	0,145	0,020
Грубый песок	0,118	0,231	14,032	5,616
Мелкий песок	70,629	72,755	70,277	74,476
Всего неизвесткового песка	70,747	72,986	84,309	80,092
Глина	28,697	26,349	13,307	17,371
Сумма . . .	100,026	99,609	99,742	99,310

Механический состав почв

	Название			
	Каолин		Глинистая	
	№№ ана			
	18	19	20	21
Известковый песок . .	0,257	0,266	1,547	1,562
Неизвестковый песок .	73,538	74,548	71,481	87,577
Глина	25,556	25,715	25,213	10,130
Сумма . . .	99,351	100,529	98,241*	99,269*

* В исходном издании — 99,231 и 99,319. Несоответствия между издании. Итоги исправлены здесь по слагаемым. — *Ред.*

по способу Шлёзинга

почв					
Глинисто-известковая		Чернозем		Песчаная	
лизов					
12	13	14	15	16	17
1,682	1,824	0,254	0,633	8,408	7,501
24,465	24,526	1,927	1,702	5,488	5,140
26,147	26,350	2,181	2,335	13,896	12,641
0,042	0,043	0,085	0,115	1,866	1,893
2,298	3,497	11,154	10,783	35,145	32,426
50,566	48,911	71,061	69,029	39,651	44,361
52,864	52,408	82,215	79,812	74,796	76,787
19,971	21,194	15,763	17,267	9,740	8,402
99,024	99,995	100,244	99,529	100,298	99,723

по способу Грандо

почв					
Глинисто-известковая		Чернозем		Песчаная	
лизов					
22	23	24	25	26	27
24,931	25,206	1,686	1,621	12,319	12,288
58,079	62,394	74,965	76,592	77,459	74,448
16,396	11,839	23,321	21,414	9,241	13,167
99,406	99,439	99,972	99,627	99,019	99,903

слагаемыми и суммой в этих двух случаях допущены и в немецком

мывают его от остатков растворенного перегноя, сушат и взвешивают. В слитой жидкости и промывных водах определяют черное органическое вещество.

Разница между обоими способами довольно большая, особенно в отделении глины от песка, которое в обоих случаях производится осаждением. При этом вышина сосудов, из которых происходит осаждение песка, очень разнится в обоих способах, и это должно непременно повлиять на результаты анализа, не только указывая разное содержание песка, но и определяя разное содержание глины в ней. Если бы глина была действительно коллоидом и не оседала бы из воды, то тогда было бы безразлично, из какого слоя выделяется примешанный к ней песок, лишь бы он успел достигнуть дна сосуда до сливания жидкости; но мы видели, что и глина оседает, и поэтому, если смесь ее с водой помещается в низком сосуде, очевидно, большее сравнительно количество частичек ее достигнет дна, чем в высоком сосуде, в тот же промежуток времени. Такое же влияние оказывает и концентрация ее смеси с водой.

Сравнительные анализы нескольких одинаковых почв по двум этим способам (по способу Шлёзинга и по способу Шлёзинга, измененному Грандо) действительно не дали согласных результатов, как это видно из нескольких примеров, сведенных в следующую таблицу [см. табл. на стр. 648—649], в которой приведены анализы пяти различных почв: каолина, глинистой почвы, глинисто-известковой почвы, чернозема и песчаной почвы; анализы всех почв повторены по два раза как по способу Шлёзинга, так и по способу Грандо. Результаты приведены, как везде в этой статье, в %% абсолютно сухой почвы.

Из таблицы [стр. 648—649] видно, что не только эти два способа дают результаты несходные, но и при анализе одной и той же почвы по одному способу получаются сильные колебания в составе почв — колебания, отличающиеся меньшей величиной, чем это было в способе Гильгарда, но все еще настолько большие, что признать эти способы удовлетворя-

ющими требованиям, предъявляемым механическому анализу, нельзя.

Кроме изменений в определении глины, Грандо присоединил еще определение органического вещества в почве к анализу по способу Шлёзинга; это дополнение и повело к изменению способа определения глины.

Определение перегноя растворением в едких щелочах нельзя считать удачным приемом; только в почвах, очень небогатых перегноем, удается выделить, повидимому, весь перегной таким образом; но уже в обыкновенных почвах, более богатых перегноем, он не растворяется весь при этой концентрации растворителя и продолжительности его действия, как предписывает Грандо. Если оставшуюся часть почвы после извлечения перегноя обработать более крепким раствором едкого кали, из нее выделится новое количество перегноя. Но в русских черноземных почвах это выделение подвержено еще большим затруднениям — даже несколько раз повторенное, выщелачивание крепким раствором едкой щелочи неспособно растворить всего перегноя. Да и растворитель этот должен производить глубокие изменения в минеральной части почвы.

Кроме того, при осаждении глины хлористым кали в присутствии раствора перегноя приходится встречаться с большими затруднениями. В присутствии органических веществ глина свертывается иногда очень трудно, особенно если она происходит из почвы подзолистой или черноземной; при этом она свертывается в чрезвычайно мелкие комочки, падающие на дно очень медленно, так что они требуют иногда трех-четырех дней, чтобы осесть из слоя жидкости в 10 см. Судить об осветлении жидкости, окрашенной в темный цвет, очень трудно, а раствор перегноя бывает обыкновенно почти черного цвета. Цвет раствора до такой степени интенсивен, что в слое в 10 см он кажется совсем непрозрачным, и сливать приходится наугад, без всякой уверенности в том, что жидкость не содержит уже глины в подвешенном состоянии. Обыкновенно жидкость,

слитая при таких условиях, оставленная после этого в покое, выделяет из себя на дно сосуда новый осадок глины. Сжигая органическое вещество, полученное осаждением из этого раствора, Грандо описывает остающуюся золу, как окрашенную в более или менее красноватый цвет в зависимости от большего или меньшего богатства почвы. * Если мы нальем такую жидкость, полученную из чернозема, в несколько плоских сосудов и осадим органическое вещество в первом тотчас по получении жидкости, в другом давши ему постоять месяц и перед осаждением сливши жидкость осторожно, не тревожа осадка, образовавшегося на дне сосуда, в третьем через два месяца и т. д. и сожжем это органическое вещество, то в первом случае мы получим темнокрасную золу, во втором случае цвет ее станет светлее, в третьем зола будет уже почти белая и, наконец, в одном из дальнейших сосудов и в следующих за ним зола будет уже совершенно белой. Этот красный цвет зависит не от богатства почвы, а от содержания в «matière noire» глины — иловатых частичек.

Все эти обстоятельства делают способ определения перегноя в почве негодным в той форме, в которой его предлагает Грандо, и из-за введения этого определения в физико-химический анализ Шлёзинга не стоит изменять последний. Поэтому мы в дальнейшем будем говорить о способе Шлёзинга только в той форме, в какой он предложен самим автором его и описан нами в настоящей главе.

Начиная с приготовления просеянной почвы, способ Шлёзинга уже страдает недостатками. При отделении мелкой части почвы просеиванием через сито с промежутками в 1 мм, в том случае, когда почва не очень плотна, по этому способу просеивается не все количество почвы, могущее пройти через такое

---

* L. Grandeau.— Handbuch für agriculturchemischen Analysen, S. 113.

	№№ анализов	
	28	29
	Характер почвы	
	Часть, прошедшая через сито	Часть, оставшаяся на сите
Песок средний . . .	20,35	4,21
» мелкий . . .	17,22	17,30
Пыль крупная . . .	23,60	27,63
» средняя . . .	27,11	27,90
» мелкая . . .	5,72	8,72
Ил	6,31	14,01
Сумма . .	100,31	99,77

сито, а лишь часть ее; остальным пренебрегают. При таких условиях необходимо нарушается состав почвы; часть ее, приставшая к более крупным частичкам, значительно отличается по своему составу от той, которая проходит через сито, как это видно из приведенного примера, в котором даны отдельно результаты анализов той части хрящевой почвы с южного берега Крыма, которая прошла через сито с отверстиями в 1 мм, и той части ее, которая осталась на сите, приставши к более крупным частицам, и была от них отделена кипячением с водой в продолжение сорока восьми часов.

Вследствие этого явления, при значительном содержании в почве крупных продуктов, может произойти значительное изменение состава ее мелкой части, и таким способом можно пользоваться разве только в том случае, когда крупные продукты в почве содержатся в виде следов, как, например, в некоторых черноземах.

Особенность, резко отличающая способ Шлёзинга от других, заключается в определении известкового песка. Как механический элемент, известковый песок не играет роли, очень за-

метно отличающейся от той, которая принадлежит песку неизвестковому, и главное значение этого определения заключается в том, что оно указывает вообще на количество извести в почве. Но судить по количеству известкового песка о количестве извести не всегда можно с достаточной точностью.

Оставляя в стороне то, что, кроме углекислой извести, почва может содержать и другие карбонаты и растворимые в слабой кислоте соли и, следовательно, судя по потере почвы в весе, мы судим об общем количестве содержащихся в ней растворимых в слабой кислоте веществ, мы найдем и другой источник неточности. Сам Шлёзинг указывает на то, что при растворении известкового песка освобождается иловатое тело; это иловатое тело состоит из смеси ила с пылью и содержится во всяком известняке в очень различных количествах. По мере растворения извести водой, содержащей угольную кислоту, как это происходит в почве, известняки могут значительно обедняться известью, и при этом не происходит удаления последней нацело слоями, а общее обеднение и выщелачивание всей толщи крупинки, причем ил и пыль сохраняют форму кусочка известняка, сдерживаемые остатками углекислой извести. Такое обогащение известняка илом и пылью может итти очень далеко; так, например, в известково-песчаной почве из окрестностей Мюнхена, с берега Изары, известковый песок содержал всего 44,803% углекислой извести и 55,197% ила и пыли. Другой образец песка из той же местности содержал 46,606% углекислой извести и 53,394% ила и пыли. Песок из почвы с берега Москвы-реки, недалеко от села Хорошова, Московской губернии и уезда, содержал 4,938% углекислой извести и 95,062% ила и пыли; другой образец того же песка содержал 3,879% углекислой извести и 96,121% ила и песка, а между тем при обливании кислотой все эти образцы песка вскипали.

Из приведенных примеров ясно видно, что, зная количество известкового песка, мы совсем не можем судить о содержании извести в почве и всегда получим различие в определении из-

вести по способу Шлёзинга и обыкновенным химическим путем, как это видно из следующих примеров.

Содержание грубого известкового песка, определенное по способу Шлёзинга

№№ определений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
%	1,040	1,278	1,682	1,824	0,254	0,633	6,417	7,501

Содержание углекислой извести, определенной обыкновенным химическим путем в песке из тех же почв

№№ определений	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
%	0,344	0,217	0,732	1,176	следы	следы	5,140	4,689

Но кроме такой неточности результатов этого определения, оно может повлиять и на точность других определений. При растворении мелкого известкового песка выделяющиеся из него ил и пыль остаются примешанными к илу и мелкому песку почвы, увеличивая тем содержание этих последних, и иногда подобное увеличение может достигнуть большой величины; так, в вышеупомянутом образце почвы с берега Изары мелкого известкового песка, определенного по способу Шлёзинга, содержалось 20,03%; если допустим, что состав этого песка тот же, как и крупного, т. е. что на 44,803% углекислой извести он содержит 43,877% пыли и 11,320% ила, то найденному количеству углекислой извести в мелком песке соответствует 2,267% ила и 8,789% пыли, и на это количество будет увеличено содержание пыли и глины в почве. Таким образом этот прием может до неузнаваемости исказить результаты механического анализа почвы. Мы предположили, что состав мелкого известкового песка тождествен с составом крупного известкового песка, но если припомним, что с измельчением сильно увеличивается и способность веществ растворяться, то мы вправе предположить, что из мелкого известкового песка гораздо большее количество углекислой извести вымыто почвен-

ной водой, и он относительно богаче илом и пылью. Это соображение в еще большей степени усилит наше вышеприведенное заключение.

Исследуя способ Шлёзинга, Ф. Сестини и Н. Пеллегрини* пришли к заключению, что этим способом при помощи одного отстаивания не удается отделить всей глины, и необходимо повторение этого отмучивания от шести до двенадцати раз, смотря по содержанию глины в почве. Мы уже видели, что при одновременном осаждении ила и других механических элементов почвы последние всегда увлекают при своем падении и некоторое количество первого, да и ил, хотя медленно, но падает на дно, и во время двадцатичетырехчасового отмучивания некоторое количество его частичек, ближайших ко дну сосуда, тоже должно осесть, и потому заключение, к которому пришли названные итальянские исследователи, не должно нас удивлять.

По внимательном рассмотрении условий, при которых совершается отделение ила от более крупных продуктов при анализе по способу Шлёзинга, мы придем к заключению, что даже, повторяя отмучивание, по указанию Сестини и Пеллегрини, от шести до двенадцати раз, мы не можем достигнуть отделения всей глины. Мы помним, что только повторным кипячением, перемежающимся с отмучиванием, удавалось нам получить продукты механического анализа свободными от глины, другими словами, отделить весь ил. В способе Шлёзинга для этой цели употребляются два приема, но и попутно это разделение достигается при обработке почвы кислотой; тогда растворяется известь, осевшая между частичками ила и склеивающая их; но этот прием имеет значение только в почвах, довольно богатых известью, и, например, в наших черноземах, содержащих иногда лишь следы углекислой извести, большой роли играть не может и, мало того, иногда может нарушить механический состав почвы, разрушая, например, мелкие крупинки болотной руды — образования хотя и позд-

* Die Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 1880, 25 Bd., S. 47—49

нейшего, но все-таки имеющего значение, как механический элемент почвы. К другим двум приемам принадлежит, во-первых, обработка почвы аммиаком, растворяющим перегной; но перегной растворяется не весь, да и не он один обусловливает слипание частичек ила, и поэтому разделение производится также перетиранием почвы с водой, при помощи пальцев. Ничего не стоит убедиться в том, что этого приема недостаточно для достижения полного разделения частичек ила; стоит только остаток — «тонкий песок», после отделения всего количества глины повторенными сливаниями, еще раз перетереть пальцами, и мы опять получим некоторое количество глины и можем повторять эту операцию очень долго с тем же результатом. Таким образом способ отделения глины перетиранием не только не может обусловить полного отделения глины, но и не может дать равномерного отделения ее в различных случаях, завися от силы пальцев работающего и даже от того, утомлен он или работает со свежими силами.

Все эти условия создают то, что получить по способу Шлёзинга выводы сравнимые не удается, и даже результаты анализов одной и той же почвы, произведенные одним и тем же лицом, подвержены сильным колебаниям, объяснить которые часто является затруднительным, от такой массы случайностей они могут зависеть. Сказанное иллюстрируется приведенными выше примерами анализов почв по этому способу.

Неудовлетворительность результатов, получаемых при механическом анализе почв по всем этим способам, привела А. А. Фадеева к выработке своих приемов механического анализа.*

Подготовление почвы к анализу начинается с просеивания ее через сито с отверстиями в 3 мм. Остающаяся на сите часть почвы — камни и хрящ промываются на нем струей воды, вы-

* Вильямс.— Описание способа механического анализа почв, принятого в Земледельческой лаборатории [земледельческих лабораториях] Петровской академии.

сушиваются, взвешиваются, и вес их выражается в %% всего количества почвы, взятой для просеивания. Мы уже говорили о неудобствах такого способа подготовления почв, ибо остающаяся на крупных продуктах почвы часть ее, уносимая струей воды при промывании на сите, резко отличается по своему составу от прошедшей в сухом состоянии через сито, и таким образом изменяется состав почвы, как видно из следующего примера для почвы, взятой с X поля фермы Петровской академии.

	№№ анализов	
	30	31
	Характер почв	
	Часть почвы, прошедшая через сито с отверстиями в 3 мм	Часть почвы, оставшаяся на продуктах, не прошедших через это сито
Песок крупный	2,70	3,64
» средний	7,22	5,39
» мелкий	11,55	8,89
Пыль крупная	35,19	32,01
» средняя	30,28	25,36
» мелкая	6,24	10,57
Ил	7,13	13,34
Сумма	100,31	99,20

Прошедшая через сито часть служит для анализа. Она приводится в воздушносухое состояние, и в отдельной пробе ее определяется влажность. Навеска для анализа берется такой величины, чтобы вес воздушносухой почвы соответствовал содержанию в ней 100 г абсолютно сухой почвы, что легко сделать, зная содержание гигроскопической воды в ней.

Отвешенная почва помещается в чашку и кипятится с водой при помешивании в продолжение сорока восьми часов; образую-

щаяся при этом пенка ила разрушается помешиванием. После такого кипячения смесь почвы с водой выливают в сито с отверстиями в 0,25 мм. Сито помещается в деревянной чашке, 30—35 см в диаметре и 15 см вышиною; дерево, из которого сделана чашка, покрыто лаком. После того как содержимое чашки вылито в сито, отмывают при помощи пальца или стеклянной палочки с насаженным на конец ее обрезком гуттаперчевой трубки приставшие к стенкам чашки у поверхности воды частички почвы и все ополаскивают в то же сито. Оставшаяся на сите часть почвы перетирается пальцем или той же палочкой, чтобы разделить ссохшиеся частички ила, отмытые от стенки чашки, и потом все содержимое сита промывают над той же чашкой сильной струей воды, пока стекающая жидкость [не] будет совершенно прозрачна. На сите остались пески; их сушат и разделяют, пропуская последовательно через сито с отверстиями в 1 и 0,5 мм. Таким образом полученный крупный, средний и мелкий песок взвешивается, и числа, дающие вес их, прямо указывают процентное содержание их в почве, пропущенной через сито с отверстиями в 3 мм.

Часть почвы, прошедшая через сито с отверстиями в 0,25 мм и находящаяся теперь в деревянной чашке, размешивается тщательно с водой, и последней приливают такое количество, чтобы слой ее занимал 10 см вышины чашки. Чашка переносится в помещение с возможно постоянной температурой и, по возможности, мало освещенное, например, в подвал. Применение деревянной чашки оправдывалось тем влиянием, которое имеют колебания температуры и свет на осаждение иловатых частичек почвы; с этой целью отмучивание ведется также в подвале.

А. А. Фадеевым установлено, что при стоянии почвы с водой в слое 10 см толщиною в продолжение двенадцати часов все частицы крупнее 0,0015 мм в диаметре опускаются на дно. После стояния такой смеси в продолжение шести часов на дно выпадают все частицы величиной более 0,005 мм, и, наконец,

тот же слой в продолжение пяти минут вполне освобождается от частиц крупнее 0,01 мм в поперечнике.

Основываясь на этих данных, отделение ила производят сливанием мутной жидкости в осевшей части почвы через двенадцать часов после оставления смеси в покое. Для сливания А. А. Фадеевым был приспособлен сифон, короткое колено которого загибается под прямым углом, так что когда сифон опущен в чашку, этот отросток его лежит на дне чашки по направлению радиуса ее. Отросток с конца запаян и на верхней стороне имеет продольный прорез, через который вода проникает в сифон. Диаметр сифона равен семи миллиметрам, слой почвы, лежащий на дне чашки, никогда не достигает такой толщины, и прорез сифона поэтому всегда лежит выше поверхности осадка. Приспособлением такого сифона А. А. Фадеев думал избежать втягивания осадка струей воды, уносимой сифоном, ввиду того, что в непрозрачной деревянной чашке нельзя видеть, когда следует прекратить опускание сифона.

После первого сливания, производимого через 12 часов после того, как почва была взмучена с водой, осадок в чашке опять взмучивается, и снова она наполняется водой до той же высоты и оставляется в полном покое в продолжение двенадцати часов, по прошествии которых сливание повторяется. В таком порядке производится двенадцатичасовое отмучивание до тех пор, пока сливаемая вода не оказывается более мутной. Для обыкновенных не слишком плотных почв таких сливаний приходится производить около двенадцати; при анализе же глин и плотных почв надо бывает доводить число сливаний до пятнадцати и даже до восемнадцати. После шести таких сливаний осадок из деревянной чашки, уже содержащий мало частиц ила, переносится снова в чашку, в которой кипятилась почва, и повторяется такое же кипячение осадка с водой в продолжение двенадцати часов. После этого вторичного кипячения освобождается, по нашим опытам, еще от 3 до 6% всего количества ила, которое содержалось в почве. Это новое количество ила, как

нам удалось убедиться, происходит от разрушения кипячением тех комочков слипшихся частиц ила, которые отделяются от ссыхающегося у поверхности кипящей в чашке воды кольца почвы. Об образовании такого кольца, состоящего из слипшихся частичек ила, мы уже говорили. По окончании кипячения снова продолжается прерванное отмучивание ила, при совершенно тех же условиях, до полного отделения его.

Мутную воду собирают в большие стеклянные сосуды, в них ил свертывается прибавлением соляной кислоты, и по осаждении его вода сливается при помощи сифона, осадок переносится в тарированную чашку, в которой он высушивается и взвешивается.

Оставшийся в чашке осадок, содержащий в себе все частички почвы от 0,25 до 0,0015 мм, подвергается дальнейшему разделению отмучиванием. Для этой цели повторяются те же операции, как и в предыдущем случае, с той разницей, что отстаивание продолжается не 12 часов, а 6 часов. Эти сливания повторяются также до полного осветления воды, стоявшей над осадком, для чего бывает обыкновенно достаточно от десяти до двенадцати сливаний. Мутная вода, полученная после этих сливаний, заключает в себе все частички почвы крупностью от 0,005 до 0,0015 мм — средний ил по А. А. Фадееву. По оседании среднего ила на дно сосудов его совершенно так же, как и тонкий ил, собирают, высушивают и взвешивают в тарированной чашке. По окончании шестичасового отмучивания в деревянной чашке остаются только частички почвы крупностью от 0,25 до 0,005 мм, т. е. пыль и грубый ил по классификации А. А. Фадеева. Отделение грубого ила производится совершенно так же отмучиванием, с той разницей, что сливание производится через каждые пять минут. Таких сливаний обыкновенно бывает достаточно, для полного отделения грубого ила, от восьми до двенадцати, и, по окончании их, пыль из деревянной чашки переносят в тарированную фарфоровую и в ней сушат и взвешивают ее. С грубым илом поступают совершенно так же, как

и со средним. Этот способ уже дает возможность не только определить все количество глины, полное отделение которой от других частичек достигается кипячением, но и разделить остающуюся часть на более мелкие подразделения, отличающиеся большей однородностью в различных почвах вследствие более узких границ, в пределах которых колеблются их размеры.

По данным анализа, произведенного по способу А. А. Фадеева, уж с большей гарантией за вероятность можно судить о физических свойствах почвы, и можно сравнивать механический состав нескольких почв, исследованных по тому же способу, уже с большей смелостью вследствие однородности тех механических элементов, содержание которых в почве определяется этим способом. Но при всех этих преимуществах способ А. А. Фадеева не свободен от недостатков. Основной неприятной чертой его является, если можно так выразиться, громоздкость этого способа. Приходится иметь дело с огромными количествами дестиллированной воды; от каждого сливания мутной воды из деревянной чашки получалось около пяти литров воды, так что по разделении всех частичек почвы на группы они оказывались взмученными в благоприятном случае в ста пятидесяти литрах воды; если же почва содержала большое количество ила, то количество воды, в которой взмучены продукты, иногда достигало двухсот литров. Понятно, что при обращении с такими количествами вещества потери при анализах достигали очень крупных размеров, да и производство анализа требовало очень большого количества посуды для собирания этой воды, и так как отмучивание производится исключительно перегнанной водой, то лаборатория должна быть снабжена очень большим перегонным кубом. Собирание осадка из огромных банок крайне затруднительно. Неприятной также является работа в неуклюжей деревянной чашке, при переливании из которой осадка трудно избежать потерь. Кроме того, при продолжительном стоянии чашки с водой и от движения мелкой кварцевой пыли по дну ее, во время взмучивания осадка, лак, которым покрыта

чашка изнутри, отстает и примешивается к анализируемой почве. После того как лак в чашке отстает (а заметить это своевременно, при ходе отмучивания, трудно), дерево, из которого сделана чашка (обыкновенно липа или осина — породы очень пористые), начинает впитывать воду, разлагается, разрыхляется, и в поры его вместе с водой проникают и мельчайшие частички почвы, обусловливая этим новые потери. Наконец, и продолжительность хода анализа, длящегося в течение тридцати-сорока дней, невольно вызывала в уме представления о медленности хода геологических процессов.

Все это, вместе взятое, заставило нас попытаться устранить эти неудобства способа, заслуживающего полного внимания по характеру результатов, получаемых при его применении. При этом внимание наше прежде всего было привлечено одной характерной особенностью результатов этого анализа, именно большим постоянством содержания во всех почвах, проанализированных по этому способу, продукта крупностью от 0,005 до 0,0015 мм — среднего ила; оно никогда не поднимается выше 5 %, тогда как количество ближайших по крупности среднего ила и тонкого ила подвержено очень большим колебаниям в различных почвах; количества первого колеблются от 8 до 50 %, а содержание второго от 1,5 до 40 %, тогда как содержание среднего ила [почти] всегда колеблется около 2—4 %. Внимательное изучение грубого ила под микроскопом не указывало на присутствие в нем частиц мельче 0,005 мм. Подвергнув такому же микроскопическому исследованию большое количество образцов тонкого ила, полученного из различных почв, мы во всех образцах могли констатировать присутствие частиц среднего ила крупнее 0,0015 мм и резко отличающихся своей неправильной, то угловатой, то округленной, формой от равномерных частиц тонкого ила.

Исследуя на основании этого показания быстроту падения этих частиц в воде, мы нашли, что при двенадцатичасовом стоянии в слое воды в 10 см высоты никогда не исчезает из нее все

количество среднего ила, и только после двадцатичетырехчасового отстаивания можно быть уверенным в том, что в мутной воде, содержащей в себе тонкий ил, не подмешано частиц среднего ила. Введя вместо двенадцатичасового отстаивания двадцатичетырехчасовое, мы достигли того, что тонкий ил, получаемый таким способом, действительно не содержал более частиц среднего ила, количество последнего в почвах стало подвергаться большим колебаниям, и среднее содержание его в почвах повысилось, так что нам не удавалось уже находить таких больших количеств тонкого ила в почве, как прежде (до 40% иногда), и максимальное содержание его понизилось до 30% и то в очень редких случаях, в чрезвычайно богатых органическими веществами черноземных почвах, и только в очень жирных каолинах оно переступало этот предел; колебание же в количестве среднего ила повысилось до величины 5—20%.

Проверка времени осаждения других продуктов подтвердила вполне выводы А. А. Фадеева; при пятиминутном отстаивании всегда отделялась пыль от грубого ила и при шестичасовом весь грубый ил отделялся от среднего.

И только с таким изменением способ А. А. Фадеева может дать строго сравнимые результаты.

Опыт показал, что чем большее количество почвы взято для анализа, тем продолжительнее становится последний, тем большее число раз нужно повторять отмучивание, чтобы отделить ил. Это понятно: чем больше количество взятой почвы, тем теснее располагаются частички ее в том же постоянном объеме воды, в котором происходит оседание их, и при этом более тесном падении они увлекают на дно большее количество также гуще расположенных частичек ила. Поэтому уменьшение навески должно было необходимо повести как к сокращению времени отмучивания, так и к уменьшению количества воды, потребной для отмучивания. Кроме того, при работе с большой навеской все операции сильно затрудняются, и потери неминуемо сильно возрастают. Прямой опыт подтверждает это предположение —

при уменьшении навески уменьшилось и количество отмучиваний, необходимое для отделения ила, но вместе с тем уже при навеске в 30 г начали замечаться сильные колебания в процентном содержании продуктов — анализы не стали давать близких результатов. Это объясняется трудностью выбора средней пробы таких смесей, которые, как почва, состоят из крупинок различной величины, и поэтому нам кажется, что 50 г есть та минимальная величина, которую мы не решились бы переступить при выборе величины навески для производства механического анализа.

Механический анализ каолина

	№№ анализов			
	32	33	34	35
	Величина навески			
	100 г	50 г	30 г	20 г
Мелкий песок . . .	0,10	0,10	0,84	0,01
Пыль	4,14	4,27	6,30	3,87
Грубый ил	45,08	44,98	40,17	47,93
Средний »	6,69	7,20	7,91	5,99
Тонкий »	43,60	43,83	44,08	41,90
Сумма . .	99,61	100,38	99,30	99,70
Число отмучиваний	19	14	10	8

Приведенная таблица показывает, что при этом сокращении навески действительно сокращается число отмучиваний.

Стараясь заменить деревянную чашку какой-нибудь другой, мы заставили сделать чашку из твердого черного каучука (из которого делаются гребенки); но этот материал не оправдал надежд — при долгом стоянии под водой внутренняя поверхность каучука набухала, и при перемешивании частицы этой набухшей поверхности отрывались и засоряли содержимое чашки;

кроме того, каучук отдавал что-то в раствор воде, отчего ил в ней сбивался в хлопья и садился на дно; отдаваемое вещество было, очевидно, органическое, что-то вроде слизи, которая так плотно обволакивала частицы ила, что удалить ее не было возможности. Кроме того, стоимость таких чашек была настолько высока (одна чашка стоила около двадцати рублей), что серьезно препятствовала бы применению их в большом количестве.

Из опытов, описанию которых посвящено несколько страниц в предыдущей главе, выяснилось, что только прямое солнечное освещение действует вредно на отмучивание, образуя сильные токи, мешающие осаждению мелких частичек, и нам a priori казалось возможным производить отмучивание в стеклянных цилиндрических сосудах. Вместе с тем мы видели, что в полное отсутствие света частички ила опадают на дно гораздо скорее, чем на рассеянном свете, и непрозрачный материал чашки должен вредить отмучиванию, удлиняя время, необходимое для отделения ила, благодаря большой примеси его к осадку, образующемуся на дне такой чашки. Стекло очень дурно пропускает темные тепловые лучи, и поэтому, если вести отмучивание в стеклянных чашках в помещении, недоступном прямому солнечному освещению, то, казалось бы, нельзя ожидать большого влияния колебаний температуры в обыкновенном помещении лаборатории на ход отмучивания. А замена деревянной чашки стеклянной являлась бы большим улучшением этого способа. Также была бы возможность вести отмучивание в том же помещении, где ведутся все другие операции, избегая перетаскивания чашек и сосудов со слитой мутной водой из лаборатории в подвал и обратно.

Для решения вопроса о применении стеклянных чашек предпринят был ряд анализов одной и той же почвы, причем отмучивание производилось в деревянной чашке, снабженной деревянной крышкой, в подвале, и в такой же чашке в помещении лаборатории такое же отстаивание производилось в стеклянной чашке, закрываемой пластинкой стекла и обшитой снизу и с бо-

ков толстым войлоком (1 см толщиной), причем и крышка сверху тоже закрывалась таким же войлочным кружком; в этой чашке отмучивание велось в подвале, и в такой же чашке оно производилось в лаборатории. Наконец, та же почва отмучивалась в стеклянной чашке, покрытой простой стеклянной пластинкой, так же как и в предыдущих случаях, в подвале и помещении лаборатории. Во всех случаях результаты всех этих параллельных анализов совпадали до такой степени, в какой это можно желать при производстве механического анализа, и только в анализах, произведенных в деревянных чашках, потеря была несколько большей. Из этих опытов ясно следует, что ничто не мешает заменить деревянные чашки для отмучивания стеклянными и вести отмучивание в помещении лаборатории.

В таблице [на стр. 668] приведены результаты этих анализов.

На количество воды, употребляемой при механическом анализе, конечно, должны влиять, кроме величины навески, еще и размеры сосудов, в которых производится отмучивание. Но здесь мы можем столкнуться с тем, что, уменьшая размеры сосуда, мы уменьшаем и объем воды, в который падают частицы почвы, и можем достигнуть такой величины, когда, вследствие тесноты падения, крупные частицы будут увлекать за собой большое количество мелких, и благодаря этому увеличится продолжительность анализа. Решение того, где находится предел той величины сосуда, при котором продолжительность анализа становится уже слишком большою, могло быть добыто только путем прямого опыта. Мы выбрали три размера чашек при общей вышине их в 12 см (высота слоя, из которого выпадали осадки, всегда равнялась 10 см). Первая чашка имела 30 см в диаметре, вторая 20 и третья всего 10 см. При отмучивании оказался наиболее выгодным размер в 20 см; он хотя и потребовал в одном случае несколько большего количества отмучиваний, но количество воды, которое пошло при этом, было все-таки меньше, а между тем размеры первой делали обращение с ней слишком неудобным, и она была слишком ломка, благодаря своим размерам.

Механический анализ каолина

	№№ анализов							
	36	37	38	39	40	41	42	43
	Материал чашки							
	Дерево		Стекло, окруженное войлоком		Стекло		Стекло	
	Где произведен анализ							
	подвал	лаборатория	подвал	лаборатория	подвал	лаборатория	подвал	лаборатория
Песок мелкий . . .	0,10	0,12	0,10	0,10	0,13	0,20	0,15	0,10
Пыль	4,27	4,31	4,15	4,70	4,35	3,99	4,10	4,59
Грубый ил	44,98	44,95	45,01	45,15	14,73	45,72	44,00	44,79
Средний »	7,20	6,93	6,89	7,09	7,11	6,92	7,33	7,17
Тонкий »	13,83	42,67	43,32	43,06	43,00	42,98	44,02	43 11
Сумма . . .	100,38	98,98	99,47	100,10	99,32	99,81	99,60	99,76

Наименьшая чашка потребовала уже слишком продолжительного отмучивания, чтобы получить при сливании воду одинаковой степени прозрачности.

Результаты этого опыта сведены в таблице [на стр. 669].

При сливании мутной воды, содержащей ил, первая порция ее получается очень интенсивно окрашенной, совершенно непрозрачной; такою же является и вода, полученная при втором отмучивании; но даже в почвах с большим содержанием ила вода третьего сливания становится просвечивающей, и вообще интенсивность окраски мутной воды при каждом следующем сливании уменьшается с поразительной быстротой; но после шестого или седьмого раза это уменьшение становится все менее заметным, и даже после двадцати сливаний вода (в почвах, содержащих много ила) все еще заметно мутная, особенно, если наблюдать ее в чашке, где производится отмучивание, где наблюдаемый на свет слой имеет толщину в 20 см; налитая в небольшой

Механический анализ каолина

	№№ анализов		
	44	45	46
	Диаметр чашки		
	30 см	20 см	10 см
Мелкий песок	0,10	0,13	0,18
Пыль	4,59	5,10	4,39
Грубый ил	44,79	43,94	44,61
Средний »	7,17	7,39	7,25
Тонкий »	43,11	42,94	43,68
Сумма	99,76	99,50	100,11
Число отмучиваний	11	11	19
Объем воды	60 л	38 л	14 л

Механический анализ чернозема

	№№ анализов		
	47	48	49
	Диаметр чашки		
	30 см	20 см	10 см
Крупный песок	0,43	0,43	0,51
Средний »	0,46	0,59	0,63
Мелкий »	2,52	3,01	20,56
Пыль	22,31	22 74	31,98
Грубый ил	35,91	36,11	5,36
Средний »	9,49	9,70	29,67
Тонкий »	28,06	28,02	8,38
Сумма	99,18	100,60	97,09
Число отмучиваний	10	11	17
Объем воды	55 л	41 л	12 л

стакан, она уже кажется прозрачной. На взгляд трудно решить, когда следует прекратить отмучивание, ибо доводить его до абсолютно прозрачной воды потребует очень много времени

Для решения этого вопроса необходимо определить содержание ила в каждой порции слитой воды и, имея в руках эти данные, уже решить, до какой степени приближения итти. В нижеприведенной таблице даны результаты таких опытов для каолина и чернозема. Мы видим, что после шестого отмучивания все еще остается в каждой порции воды довольно устойчивое количество ила, которое продолжает оказываться и в очень отдаленных порциях слитой воды. И хотя количество его в каждой отдельной порции невелико, но в сумме он дает довольно заметный процент.

№ 50. Количество тонкого ила, содержащегося в последовательных порциях сливаемой воды при анализе каолина

№ порции воды	1	2	3	4	5	6
Содержание ила	19,43	10,42	4,94	2,32	2,17	1,62
№ порции воды	7	8	9	10	11	12
Содержание ила	0,77	0,75	0,98	0,40	0,53	0,51
№ порции воды	13	14	15	16	17	18
Содержание ила	0,21	0,10	0,16	0,14	0,12	0,08

№ 51. Количество тонкого ила, содержащегося в последовательных порциях сливаемой воды при анализе чернозема

№ порции воды	1	2	3	4	5	6
Содержание ила	13,47	5,60	2,11	1,13	0,90	0,69
№ порции воды	7	8	9	10	11	12
Содержание ила	0,63	0,61	0,52	0,38	0,25	0,48
№ порции воды	13	14	15	16	17	18
Содержание ила	0,44	0,25	0,21	0,08	0,09	0,07
№ порции воды	19	20	21	22	23	24
Содержание ила	0,07	0,05	0,08	0,04	0,05	0,03

Содержание ила выражено в %% относительно всей абсолютно сухой почвы, из которой он произошел.

Такие результаты были неутешительны. Небольшие повышения количества ила в слитой воде всякий раз сопровождали те случаи, в которых для взмучивания плотно приставшего осадка приходилось прибегать к стеклянной палочке с каучуковым

наконечником. Это указывало, что разделение частичек было неполное Такая неполнота разделения могла зависеть от условий кипячения, и действительно при кипячении в открытом сосуде, где испарение идет быстро, всегда образуется пленка слипшегося ила, и они [частицы] разделяются очень трудно. Действительно, производя кипячение в закрытом сосуде, как это уже было описано ранее, нам удалось достигнуть отсутствия этого явления. Оставалось предположить, что кипячение было недостаточно продолжительно и, для решения этого сомнения, было сделано несколько параллельных опытов. Почва кипятилась в открытых чашках и в чашках, закрытых часовым стеклом. Первая навеска почвы кипятилась в открытом сосуде 48 часов до отмучивания и 12 после первых шести сливаний — всего 60 часов. Вторая навеска кипятилась в такой же чашке 72 часа — 48 часов в первый прием и 24 часа во второй прием. Третья навеска кипятилась в закрытой чашке 60 часов, так же как и первая. Четвертая кипятилась опять в закрытой чашке 72 часа с теми же промежутками, как и вторая навеска. Наконец, пятая навеска кипятилась 30 часов, но так, что до отмучивания она кипятилась всего 6 часов, а остальные 24 часа она кипятилась после двух сливаний. Из результатов этих опытов оказалось, что кипячение в закрытых чашках не достигало полного разделения частичек ила, даже, быть может, после семидесяти двух часов продолжительности кипячения. Не лучше были результаты и для кипячения в закрытой чашке при условиях третьей навески, и только в четвертой навеске, несмотря на меньшую продолжительность кипячения, оказалось более полное разделение иловатых частичек, как показывает следующая таблица [на стр. 672].

Причины были очевидны: в третьей навеске огромное большинство частичек ила было удалено из почвы двумя сливаниями, и они, при последующем кипячении, уже не могли спекаться по краям чашки, и очевидно это слипание и играет главную роль при разделении частиц почвы кипячением, и ясно, почему

Результаты механических анализов каолина из Дрездена

№№ анализов	52	53	54	55	56
Каолин кипятился в чашке	открытой		закрытой		
Время кипячения в часах	48+12	48+24	48+12	48+24	6+24
Число сливаний в перерывы между кипячением	6	6	6	6	2
Мелкий песок	0,05	0,09	0,02	0,04	0,02
Пыль	9,93	9,45	10,24	9,98	10,79
Грубый ил	42,29	40,91	40,27	37,48	36,71
Средный »	10,16	8,70	8,91	7,16	6,21
Тонкий »	37,30	41,20	39,75	44,37	46,08
Сумма	99,73	100,35	99,19	99,03	99,81

Osborne* не мог получать полного разделения частичек глины кипячением. Повторив этот опыт с кипячением, мы получили подобные же результаты, и из него же выяснилась и продолжительность кипячения. Почва кипятилась в два приема — первый раз 6 часов, затем следовало два сливания ила, и кипячение продолжалось для первой и четвертой почвы 24 часа, для второй и пятой 42 часа и для третьей 50 часов. Результаты сведены в следующей таблице [на стр. 673].

Очевидно, такого, комбинированного с отмучиванием ила, кипячения в продолжение тридцати часов достаточно для почвы, не содержащей большого количества ила, и для плотной уже достаточно сорока восьми часов кипячения. Таким образом нашлась возможность сократить на 24 часа неприятную необходимость продолжительного кипячения. Кипячение почвы менее сорока восьми часов нам представляется уже не гарантирующим полного разделения частичек ила.

* Th. Osborne.— The methods of mechanical analysis. Annual report of the Connecticut Agricultural Station, 1886, New Haven. Conn. 1887.

Результаты механических анализов

	Каолин			Песчано-суглинистая почва	
	№№ анализов				
	57	58	59	60	61
	Продолжительность кипячения в часах				
	6+24	6+42	6+50	6+24	6+42
Крупный песок	0,00	0,00	0,00	5,16	5,14
Средний »	0,00	0,00	0,00	14,94	14,97
Мелкий »	0,02	0,04	0,05	22,85	21,97
Пыль	10,79	11,03	10,23	25,19	26,30
Грубый ил	36,71	36,31	36,91	16,59	16,40
Средний »	6,21	5,19	5,31	3,64	4,00
Тонкий »	46,08	47,24	47,35	11,51	11,01
Сумма . . .	99,81	99,81	99,85	99,88	99,79

При этом опыте мы отделили после шестичасового кипячения из почв всю пыль и песок, т. е. продукты от 3 до 0,01 мм, и, промыв их на сите до прекращения помутнения воды, подвергли кипячению в отдельном сосуде. Вода при этом, после десятичасового кипячения, сделалась слегка мутной, но, собрав отделившийся ил на взвешенный фильтр, мы не могли констатировать привеса последнего в пределах точности весов. Таким образом шестичасового кипячения вполне достаточно, чтобы очистить всю пыль и песок от приставших частичек ила.

Эта возможность выделения продуктов крупнее 0,01 мм уже после шестичасового кипячения очень важна ввиду того, что песок и особенно пыль, слагаясь плотным слоем на дне чашки, производят сильные толчки при кипении жидкости; толчки эти настолько сильны, что, несмотря на то, что чашки во время кипячения почв покрыты часовым стеклом, все-таки легко может произойти потеря вещества от разбрызгивания. В отсут-

ствие же пыли кипячение идет так покойно, что не оставляет желать ничего лучшего и требует только от времени до времени подливания воды, так что работающий может во время кипячения почв заниматься другим делом. Отделение пыли оказалось возможным производить отмучиванием в небольшом сосуде, для чего мы нашли наиболее удобным употреблять стакан с носиком, 12 см вышины и около 7 см в диаметре, причем, благодаря тому, что пыль оседает через пять минут на дно, образуя очень плотный слой, сливание воды, содержащей другие продукты, можно производить декантацией, что значительно ускоряет работу. При определении содержания пыли в почве Могилевской губ., Оршевского уезда, отмучиванием из большой чашки оказалось до 60,49% [пыли], при повторении — сливанием из небольшого стакана ее оказалось 59,98%. В другой почве Московской губернии и уезда, дер. Лихобор, по первому способу оказалось 24,61%, по второму — 24,89% [пыли].

Эта возможность выделения пыли отмучиванием навела нас на мысль производить весь процесс отмучивания в обратном порядке — выделить сначала пыль, потом грубый ил, далее уже приступить к отделению среднего ила от тонкого. При таком порядке отделения частичек тонкий ил оставался бы в чашке в присутствии одного только среднего ила, скорость падения которого очень невелика, и, вероятно, тогда не происходило бы такого сильного увлечения тонкого ила на дно сосуда, как в том случае, когда одновременно со средним илом осаждается и быстро падающая ко дну пыль, да и частички среднего ила имели бы больше простора для своего падения и также, поэтому, увлекали бы меньше частиц тонкого ила на дно. Это должно бы повести к заметному ускорению отделения тонкого ила. Эта надежда вполне оправдалась, как видно из следующих данных; даже в почве, содержащей очень большое количество ила, после шестого сливания остаются лишь следы ила, почти исчезающие после восьмого сливания; тогда как в почве с меньшим содержанием ила его уже почти не содержится в сливаемой воде после шести раз.

№ 62. Содержание тонкого ила в последовательных порциях сливаемой воды при анализе каолина

№ порции воды . .	1	2	3	4	5	6
Содержание ила . .	30,21	11,11	3,39	1,07	0,98	0,27
№ порции воды . .	7	8	9	10	11	12
Содержание ила . .	0,10	0,03	0,01	0,01	следы	0,00

№ 63. При анализе песчано-суглинистой почвы

№ порции воды . .	1	2	3	4	5	6
Содержание ила . .	7,11	2,25	1,09	0,50	0,31	0,05
№ порции воды . .	7	8	9	10	11	12
Содержание ила . .	0,03	0,01	следы	следы	0,00	0,00

Содержание ила выражено в %% всей абсолютно сухой почвы.

При таком обратном ходе анализа и количество воды, необходимое для его производства, сокращается почти втрое, ибо можно производить отделение пыли, грубого, среднего и тонкого ила одной и той же порцией воды.

При введении стеклянных чашек для отмучивания выяснилась и еще одна причина того, что при анализе по способу А. А. Фадеева в тонком иле всегда присутствовало некоторое количество мелкой пыли. Виною тому был отчасти и сифон, придуманный А. А. Фадеевым. Отросток этого сифона был снабжен прорезом, в который проникала вода при положении этого отростка на дне чашки. При этом оказывалось, что при втягивании сифоном воды наиболее стремительная струя ее поднималась со дна чашки и, огибая отросток сифона, устремлялась в его прорез, унося при этом с довольно большого пространства дна чашки осадок мелкой пыли; это унесение достигало довольно больших размеров. Кроме того, при пользовании этим сифоном нельзя было наклонить чашки для более чистого сливания жидкости с осадка, ибо тогда часть прореза, ближайшая к центру чашки, выходила из воды, и попадавший воздух мгновенно прерывал струю воды в сифоне. Вследствие этого явления в чашке оставался всегда слой мутной воды около 6 мм толщины. Благодаря такой неполноте

сливания отделение ила значительно замедлялось; ибо чем этот остаток воды больше, тем, следовательно, больше и оставшееся не отделенным в почве количество ила, которое должно быть удалено при следующем отмучивании. Величина этого «вредного остатка» так же влияет на скорость отмучивания, как величина «вредного пространства» в воздушном насосе на скорость разрежения в нем воздуха. Тут происходит совершенно такое же замедление отмучивания, как замедляется промывание осадка на фильтре, если наливать на осадок новое количество воды, не ождавшись полного стекания той, которая уже была в воронке. Опыт показал, что при употреблении обыкновенного сифона с параллельными коленами сильнейшая часть струи увлекаемой им воды направляется сверху вниз, образуя тело, похожее на параболоид вращения, начинающийся от втягивающего конца сифона, который оканчивается близ вершины этого параболоида, и короткое колено сифона лежит по направлению его оси. Это направление струи, втягиваемой сифоном, дает возможность приблизить его на очень близкое расстояние ко дну чашки, не рискуя, что осадок мелкой пыли будет вовлечен струей. Кроме того, употребление такого сифона допускает наклонение чашки при сливании и таким образом, уменьшая струю и наклоняя чашку, можно слить мутную воду почти дочиста.

Под влиянием этих исследований и обусловленных ими изменений способ А. А. Фадеева, сохраняя те же основания, на которых он был создан автором его, утратил свой характер до почти полной неузнаваемости, и изложению хода анализа по этому измененному нами способу мы и посвятим следующую главу.



ГЛАВА III

Прежде чем приступить к описанию предлагаемого способа механического анализа, мы позволим себе представить несколько соображений относительно выбора образцов почвы для анализа.

До очень недавнего времени при взятии пробы для испытания почвы с сельскохозяйственными целями брались образцы мешанные, представляющие средние образчики почвы, с той части исследуемой площади, которая по ряду признаков казалась обладающей почвою одинакового характера. Лишь в последнее время стали раздаваться голоса в пользу «индивидуального» образца почвы. Эти споры о том, какой образец почвы следует брать для ее исследования — мешанный или индивидуальный, приняли особенно оживленный характер при обсуждении вопроса об исследовании почв в заседаниях агрономической комиссии при Музее прикладных знаний в Москве. Эти споры побудили нас предпринять небольшой ряд исследований с целью выяснения опытным путем этого вопроса.

Защитники индивидуального образца главным аргументом в оправдание своего образа действий приводили то, что почва составляет самостоятельное естественно-историческое тело и что вынутый образец составляет самостоятельный индивидуум, который смешивать с другими нельзя. Мы не можем не согласиться совершенно с тем взглядом, что почва составляет самостоятельное естественно-историческое тело, тем более, что взгляд этот не представляется новым, а возник уже более

полстолетия тому назад, когда почва только что сделалась предметом изучения, и окреп благодаря классическим исследованиям Шпренгеля,* Троммера ** и Фаллу, ***—**** имена которых неразрывно связаны с существованием почвоведения, как науки. Но мы не можем усмотреть причины того, что такой взгляд на почву исключает собою понятие о среднем образце почвы, и не видим, почему именно одна взятая проба почвы составляет [представляет] собою самостоятельный индивидуум.

Мы знаем, что почву, на основании различных признаков, можно разделить на крупные группы. Все почвы, составляющие одну такую группу, можно, в свою очередь, по другим признакам разделить на более и более мелкие подразделения, и результатом такой группировки явится какая-нибудь классификация почв. Во всякой местности можно выделить площади той или другой величины, которые будут покрыты почвой равномерного состава и свойств, почвою, которой мы можем отвести место в определенной группе какой-нибудь классификации. Раз мы выделили такую площадь с одинаковой почвой, то мы этим, так сказать, пришли к конечному члену всякой классификации, к индивидууму, который представлен всею массой одинаковой почвы, покрывающей эту выделенную площадь.

В тех случаях, когда мы задаемся целью изучить этот индивидуум (если можно вообще применить это понятие к сыпучему неоднородному телу — почве), мы можем подвергнуть его изучению целиком. Но такое изучение «индивидуума» почвы целиком, во всей его массе, не может быть предпринято по отношению ко всем его свойствам и качествам. При таком

* C. Sprengel.— Die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden, 1844.

** C. Trommer.— Die Bodenkunde, 1857.

*** F. A. Fallou.— Anfangsgründe der Bodenkunde, 1857.

**** Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde, 1862.

изучении мы можем исследовать его положение, его отношения к породам, его подстилающим; оно может дать нам ценные указания о происхождении почвы, на отношения ее к климату и т. п.

Но если мы задаемся вопросом о химическом составе этой почвы или о ее химическом составе и о физических свойствах, то, при решении этих вопросов, мы не будем уже в состоянии обратиться ко всей массе этого индивидуума и должны будем прибегнуть к небольшой части его, в силу простой и очевидной невозможности поступить иначе. К такому приему прибегают во всех естественных науках без исключения. Мы должны взять такой образец этой почвы, который представлял бы, по возможности, близкое сходство со всей массой почвы, в какой бы точке занимаемой площади мы ни взяли ее. Этого мы можем достигнуть двумя способами: или взять один образец из какого-нибудь одного места того пространства, которое занимает почва, как представителя этой почвы, или же мы можем взять средний образец ее, т. е. образец, составляющий смесь многих единичных образцов этой почвы, взятых с различных мест того пространства, которое покрыто ею. Как в том, так и в другом случае эти образцы будут представители того почвенного индивидуума, который выделен нами, как одно целое, и в этом отношении оба образца будут, так сказать, индивидуальными, если можно употребить такое выражение, и качественной разницы между ними быть не может. Но зато количественная разница между этими образцами, несомненно, существует постольку, поскольку каждый из них по своему составу и свойствам может быть более или менее точным и близким представителем всей массы почвенного индивидуума.

Почва представляет чрезвычайно сложную смесь разнородных веществ, и, выделяя какое-нибудь пространство одинаковой почвы, мы, конечно, не можем предположить, что во всякой точке этого пространства смесь этих почвенных составных частей будет однообразна. При таком выделении мы только руководствуемся тем, что смесь эта в различных частях

почвы до известной степени сходна, настолько, что свойства почвы на различных местах этой поверхности колеблются в нешироких пределах и что этими колебаниями можно пренебречь; мы, одним словом, намечаем только те границы, в которых должно колебаться содержание составных элементов почвы, поступаем так же, как и при классификации почв, где, при определении признаков группировки почв, намечаются известные границы, в которых могут колебаться свойства почв для того, чтобы данная почва могла быть отнесена к той или другой группе.

Задаваясь вопросом о составе почвы, мы, иначе, спрашиваем, каковы те границы, между которыми колеблются отношения различных составных частей ее, в различных точках того пространства, которое она занимает. На этот вопрос можно дать двоякий ответ: или можно дать действительно те крайние пределы ее состава, между которыми он колеблется, или же можно дать одну среднюю величину, по обе стороны которой колеблется состав почвы.

Для того чтобы дать первый ответ, нужно сделать ряд исследований состава почвы и выбрать из них крайние величины, которые и составят ответ на этот вопрос, но это потребует для каждой выделенной поверхности почвы целого ряда анализов, ибо чем больше число таких анализов, тем больше и вероятность в возможно близком приближении к этим границам колебания состава. И в такой форме фактическое решение задачи о составе почвы граничит с невозможностью.

Для дачи ответа во второй форме можно также из целого ряда исследований вывести средний состав почвы, и этот прием будет тождествен с первым по своей достижимости. Но можно поступить и другим образом: можно взять ряд образцов с различных частей поверхности, покрытой однотипичной почвой, и, смешав их все вместе возможно равномерно, взять часть этого смешанного образца, представляющую один средний образчик, который будет характеризовать средний состав смеси

образцов, а так как эти образцы представляют состав почвы на разных частях занимаемой ею поверхности, то средний состав их будет тем ближе характеризовать средний состав всей почвы, чем из большего числа мест будут взяты единичные образцы, составляющие средний. Эта зависимость близости состава среднего образца к среднему составу той почвы, из которой взяты единичные образцы, составляющие первый, ясна до очевидности, и чем из меньшего количества образцов будет составлен средний образец, тем большее влияние на него будут иметь случайные колебания в составе единичных образцов. Наибольшему же влиянию случайных колебаний подвержен будет средний образчик, состоящий из одного единичного образца, или, что то же, индивидуальный образец, который дает нам указание только о составе той части почвы, которую он обнимает, не давая никакого права распространять это суждение о составе на всю ту площадь равномерной почвы, из которой он взят.

Несмотря на всю очевидность того, что единичный образец может дать чисто случайный состав почвы и что право суждения о составе всей почвы дает нам только средний образец, мы предприняли опытную проверку этих заключений.

Мы выбрали два участка, почва на которых, по всем наружным признакам, казалась однотипичною Это были XI поле фермы Петровской академии, величина которого равна приблизительно десяти десятинам, и 4-й наружный участок опытного поля Петровской академии, величиной немного более 0,5 десятины.

На втором участке нами были взяты два средних образца, состоящие каждый из пяти единичных, взятых с мест, равномерно расположенных отдельно для каждой серии образцов по всей площади участка. Каждый из пяти единичных образцов был тщательно перемешан, и из них были отделены по части для исследования. Кроме того, с того же участка были взяты два единичных образца, и из той же ямки, откуда был

взят последний из этих двух, был взят тотчас же и третий образец. Результаты анализов этих образцов сведены в следующей таблице. Под №№ 64, 65, 66, 67 и 68 приведены анализы пяти единичных образцов, составивших один средний, анализ которого приведен под № 70. № 71 представляет анализ другого среднего образца. № 69 представляет среднее арифметическое из данных анализов №№ 64, 65, 66, 67 и 68; №№ 72 и 73 дают анализы двух единичных образцов, и № 74 дает анализ образца, взятого из той же ямки, как и № 73. Наконец, № 75 дает анализ другого образца, взятого в лаборатории из того же количества почвы, из которого взята навеска для анализа № 72.

	№№ анализов					
	64	65	66	67	68	69
Камни	0,09	0,32	0,56	0,16	0,60	0,35
Хрящ	0,81	0,56	0,40	0,91	0,63	0,66
Крупный песок	2,05	2,96	2,37	3,42	2,15	2,59
Средний »	6,90	6,20	6,15	6,18	6,39	6,37
Мелкий »	9,32	10,11	9,07	10,40	8,91	9,56
Крупная пыль	33,12	32,00	32,46	32 98	33,70	32,85
Средняя »	31,30	32,63	33,80	30,65	30,90	31,86
Мелкая »	6,70	6,01	5,93	6,95	6,21	6,56
Ил	9,60	9,13	9,31	8,91	10,03	9,39
Сумма	99,89	99,92	100,05	100,56	99,52	100,19

Из этого ряда анализов видно, что колебания в единичных образцах могут достигать довольно больших размеров. Состав среднего образца, составленного из всех единичных, довольно близко походит на средний арифметический вывод из данных анализов единичных образцов. Разница между составом каждого единичного образца больше, чем разница между каждым из них и средним образцом, и эта последняя меньше, чем разница в составе двух самостоятельных образцов. Далее мы видим,

что состав образцов почвы, взятых совсем рядом, разнится между собой больше, чем состав двух средних образцов той же почвы. И, наконец, мы имеем право заключить, что те приемы, при помощи которых мы в лаборатории берем навеску, представляющую среднюю пробу образца, достаточно гарантируют то, что эта навеска действительно составляет средний образец той почвы, которую она представляет.

Эти выводы нашли себе подтверждение и при исследовании образцов, выбранных с другого участка, большей величины, о котором мы уже упоминали.

На этом участке в 10 десятин нами были взяты два средних образца — каждый из десяти различных мест, расположенных

	№№ анализов					
	70	71	72	73	74	75
Камни	0,20	0,37	0,51	1,08	0,19	0,51
Хрящ	0,57	0,68	0,63	0,77	0,52	0,63
Крупный песок	2,49	2,35	2,18	2,07	2,66	2,20
Средний »	6,19	6,58	6,34	6,20	6,65	6,23
Мелкий »	9,46	9,54	10,56	8,66	9,27	10,78
Крупная пыль	32,82	32,82	33,32	34,37	32,28	33,00
Средняя »	31,53	32,03	32,35	31,90	32,80	32,40
Мелкая »	6,90	6,08	5,26	6,69	6,95	5,20
Ил	9,12	9,30	8,85	9,82	8,12	8,84
Сумма	99,28	99,75	100,00	101,56[21]	99,44	99,79

равномерно по всему участку; один из этих средних образцов был разделен на две части; другими словами, из него были взяты два средних образца, и с того же поля были взяты два единичных образца из различных мест поля. Результаты механических анализов этих образцов приведены в следующей таблице [на стр. 684].

Под №№ 76 и 77 приведены результаты анализов двух средних образцов; № 78 представляет анализ образца, взятого из

	№№ анализов				
	76	77	78	79	80
Камни	0,28	0,32	0,32	0,29	0,32
Хрящ	0,64	0,68	0,68	0,49	0,60
Крупный песок	3,11	3,21	3,19	2,60	3,46
Средний »	7,36	7,44	7,45	6,33	7,27
Мелкий »	11,39	10,50	11,00	10,54	10,55
Крупная пыль	35,37	35,25	35,11	36,78	36,20
Средняя »	30,78	30,73	30,60	31,29	29,96
Мелкая »	4,98	4,96	5,01	5,04	4,97
Ил	7,03	6,92	6,86	7,33	6,76
Сумма . . .	100,94	100,01	100,22	100,69	100,09

того же количества почвы, как и анализ № 77. Анализы двух единичных образцов приведены под №№ 79 и 80.

Цифры этой таблицы подтверждают те заключения, которые были нами выведены уже из предыдущей таблицы, и нам кажется, что в тех случаях, когда возможно выделить участки с однотипичной почвой, всегда следует пользоваться средним образцом для суждения о составе почвы всего участка путем анализа.

При выборе среднего образца для исследования почвы необходимо особенное внимание обратить на то, чтобы та площадь, с которой берутся образцы для составления среднего образца, действительно представлялась покрытою однохарактерной почвой.

Для суждения об однохарактерности почвы пользуются всеми указаниями, какие могут представиться; при этом принимают в соображение цвет почвы, характер ее механического состава, насколько о нем можно судить наощупь и наглаз, ее связанность, ее строение. Ценные указания дает характер дикой растительности, вид культурных растений, характер сорных трав, сведения об урожайности и т. д. Эти признаки

служат для установки типов почв; но, кроме них, следует принимать во внимание и положение почв: почвы, находящиеся на возвышенностях, на скатах, крутых или пологих, в низинах или котловинах, должны подвергаться отдельному изучению, так же как и почвы, лежащие по берегам рек и других водоемов; почвы, занятые лесом, лугом, пашней, перелогом, выгоном, также должны изучаться отдельно.

На основании выбранных признаков почвы данной местности разделяются на крупные группы, и затем каждая такая группа по ряду других признаков, в свою очередь, делится на другие, более мелкие группы, пока, наконец, вся местность не будет разбита на участки, покрытые одинаковой почвой. При этом может быть несколько участков с однотипичной почвой, разбросанных по всей исследуемой местности. В этом случае выбирают для взятия образца такой из всех участков, в котором признаки почвы, их покрывающей, выражены с наибольшей характерностью. После того как намечены участки, с которых думают взять средний образец, приступают к этой операции.

Количество образцов, из которых составляется средний, может быть различно в зависимости от той приближенности, с которой желают определить состав почвы.

Взятие проб производится по возможности в ясный день, когда почва ни слишком влажна, ни слишком суха. В намеченных на участке местах вырываются ямы с одной вертикальной стенкой. Глубина ямы зависит от той глубины, до которой желают взять образцы почвы, но делать ямы глубже одного аршина в обыкновенных случаях уже представляется неудобным, и для получения проб из более глубоких слоев удобнее пользоваться почвенным буравом (лучше всего так называемым американским).

Образцы почвы в глубину берутся в зависимости от цели исследования; но во всяком случае нельзя соединить в один образец почву из двух лежащих один над другим слоев, если

такое наслоение ясно заметно. Глубина взятия образца обусловливается целью исследования и может быть очень различна. Но если почва на всю глубину слоя, предположенного для исследования, неоднородна, то необходимо следить за тем, чтобы почва из разных слоев не смешивалась, а бралась отдельно послойно. Растительность над вертикальной стенкой ямки подрезывается в уровень с почвой, и с этой стенки заступом срезается пласт почвы, проникающий или до следующего слоя, или, если почва равномерна, до желаемой глубины исследования, где он подрезается в горизонтальном направлении. Толщина пласта зависит от количества образцов, из которых составляется средний; чем меньше их количество, тем толще должен быть срезаемый пласт, но нет нужды, чтобы он был толще двух вершков. Образцы собираются в мешочки, помеченные различными знаками, если берутся образцы различных слоев.

После того как собраны все образцы с участка, не давая им высохнуть, чтобы избежать распыления и облегчить размельчение их, приступают к взятию среднего образца из них; для этого ссыпают все однородные образцы, размельчая их тщательно руками, в одну кучу на брезенте или на толстом полотне, стараясь, чтобы не попадалось крупных комков, — для этой цели хорошо их просеять через грохот с промежутками в 10 мм, причем остающиеся на грохоте камни, если они не очень крупны, возвращают к образцам. Кучу образцов старательно перемешивают лопаткой, распределяют ее ровным слоем по брезенту и небольшой лопаткой или совком берут из возможно большего числа мест этого слоя образцы, причем стараются захватить почву на всю глубину слоя; все эти новые образцы складывают в один мешочек.

Если взятый таким образом образец все-таки еще велик, то его снова перемешивают, распределяют ровным слоем на брезенте и из него точно так же выбирают снова средний образец. Число мест, из которых берутся пробы с брезента, не дол-

жно быть меньше двадцати. После того как средний образец взят таким образом, дальнейшие операции с ним производятся в лаборатории.

Но иногда приходится пересылать образец.

Перед отсылкой он необходимо должен быть высушен при комнатной температуре, чтобы во время пересылки в нем не могли происходить изменения, обусловливаемые долгим лежанием во влажном состоянии (плесневение, перегнивание органических остатков, быстрое окисление некоторых веществ и т. п.). При пересылке образца должно обратить внимание на то, чтобы он не мог измениться благодаря односторонней потере его составных веществ. При этом особенно важно, чтобы помещение, в котором он закупорен, не имело мелких щелей и отверстий, через которые могут высыпаться мелкие частички почвы, особенно если объем образца невелик. Насколько неудачная укупорка может повлиять на состав образца, видно из того, насколько изменился образец почвы, присланный в Москву из Тульской губернии в довольно редком мешке, по сравнению с другим образцом той же почвы, высланным вторично, уже завернутым в три слоя плотной бумаги и затем уже зашитым в плотное полотно.

Механический состав образцов почвы

	№ 81. Из редкого мешка	№ 82. Из бумаги и плотного мешка		№ 81. Из редкого мешка	№ 82. Из бумаги и плотного мешка
Хрящ	0,01	0,00	Мелкий песок . . .	27,2	31,32
Крупный песок . .	14,2	7,30	Пыль и ил	23,7	42,33
Средний » . .	34,9	18,36	Сумма	100,0	99,31

Лучшим из наиболее доступных способов укупорки мы считаем следующий: сухая почва насыпается в плотный бумажный мешок и, завернутая в этом мешке, туго обвязывается бечевкой; после этого мешок следует завернуть последовательно

в два или три слоя хорошей бумаги и уже только тогда зашить в плотную полотняную покрышку.

Сведения о месте происхождения почвы или номерах их лучше всего писать широкими штрихами карандашом на пластинке дерева и вкладывать в мешок с почвой. Сведения о почве лучше пересылать под соответствующими номерами отдельно.

Что касается этих сведений, то, кроме подробного обозначения места, с которого взята почва, характер их зависит от цели исследования и может быть очень различным; обыкновенно всякий образец сопровождается описанием вида и строения почвы в естественных условиях и кратким описанием характера места, с которого он взят.

В том случае, если предпринимается один только механический анализ, образец должен быть не менее трех фунтов.

По прибытии в лабораторию образец, если он не слишком влажен, не мажется; в таком случае оставляют его немного просохнуть, [а затем он] подвергается просеиванию; если же образец так сух, что пылится или образует трудно измельчаемые комья, то он слегка смачивается перегнанной водой из промывалки, дающей тонкую струю, так чтобы почва, рассыпаясь легко на комки, не пылила и не мазалась. Распыление не только неприятно ввиду содержания лаборатории в чистоте, но еще влечет за собой потери мелких частиц почвы.

Почва разминается в фарфоровой ступке деревянным пестиком, чтобы раздавить комья, не раздробляя зерен гравия и песка, и после растирания просеивается над листом гладкой оберточной бумаги через сито с отверстиями в 3 мм. Сито это сделано из латунной пластинки с штампованными или, еще лучше, сверлеными отверстиями, диаметр его 20 см, вышина же равна 6 см. Оставшаяся на сите часть, если содержит еще много комков почвы, растирается снова тем же деревянным пестиком; если же она по большей части состоит из камешков и гравия, то они перетираются пестиком, ручка которого сделана из дерева, трущие же концы из мягкой серой резины. Такой пестик

хорошо растирает комки почвы, не разрушая гравия. После того как на сите не осталось комков, прошедшую через него часть почвы расстилают [рассыпают] равномерным слоем на листе бумаги и при частом перемешивании оставляют лежать в лаборатории для приведения ее в воздушносухое состояние. Такое состояние наступает суток через двое или трое.

Оставшиеся на пестике и в ступке частички почвы присоединяются к прошедшей через сито почве, причем их очищают редкой щетинной кистью.

Не прошедшие через сито камешки, гравий и грубые органические остатки переносятся в чашку, наливаются водой * и кипятятся в ней в продолжение одного часа, причем первая очень мутная жидкость, после непродолжительного кипячения, сливается в другую просторную чашку. После часового кипячения отделение ила, приставшего к этим грубым продуктам, прекращается, и содержимое чашки переносят на сито, стоящее в другой чашке, куда уже слита первая мутная жидкость. На этом сите, с промежутками также в 3 мм, промывают дочиста все оставшееся на нем, и промывные воды собирают в одну чашку. Это сито сделано так же, как и предыдущее, но размеры его меньше — именно диаметр его равен 10 см при той же высоте в 6 см. Оставшееся на сите высушивают в чашке, разделяют помощью другого сита, с промежутками в 10 мм, на камни и хрящ и взвешивают. Грубые органические остатки легко отделить отбиранием, и их можно взвесить отдельно.

Собранные в отдельной чашке промывные воды выпаривают в ней досуха, оставшуюся почву отделяют от чашки лезвием тупого гибкого ножа (которым живописцы очищают палитры или снимают с полотна ошибочно положенные масляные краски, так называемым шпателем). Эта почва перетирается в ступке резиновым пестиком, чтобы разделить слипшиеся комки ее, и присоединяется к той, из которой она произошла и которая

* Во всех случаях при механическом анализе почв употребляется перегнанная вода.

расположена ровным слоем на бумаге для приведения в воздушносухое состояние.

Это присоединение части, отмытой от крупных продуктов, необходимо, чтобы не нарушить состава среднего образца, ибо часть почвы, приставшая к гравию и камням, резко отличается по своему составу от части ее, которая прошла через сито, как мы могли убедиться из приведенных уже раньше примеров.

Пренебрежение этой частью почвы, оставшейся на хряще, может повести к ложному представлению о механическом составе почвы, особенно если хряща в почве содержится много и на нем поэтому уносится много почвы.

После того как просеянная почва придет в воздушносухое состояние, все количество ее взвешивается, и она еще раз тщательно перемешивается на том же листе, на котором она сушилась, распределяется ровным слоем, и из нее берутся два средних образца: один небольшой, около 5—7 г, в тонкостенную тарированную цилиндрическую баночку с притертой пробкой для определения влажности, другой, весом около 250 г, в обыкновенную банку с притертой пробкой. Эта последняя проба служит для взятия навесок для механического анализа.

После того как мы определим влажность почвы, мы можем рассчитать количество абсолютно сухой почвы, из которого мы определяли камни и хрящ. К этому весу прикладывается вес сухих камней, хряща и органических остатков, и эта сумма дает нам вес всей абсолютно сухой почвы первоначального образца. Содержание камней, хряща и грубых органических остатков выражается в процентах этого полного веса всей абсолютно сухой почвы, составлявшей первоначальный образец.

Определение влажности почвы, так же как и высушивание всех продуктов механического анализа, ввиду чрезвычайно высокой гигроскопичности этих тел, должно необходимо производиться в тонкостенных баночках с притертыми стеклянными пробками. Высушивание ведется в воздушных банях, снабженных терморегуляторами и нагреваемых до 105° С.

Бани не должны вмещать более десяти таких баночек, ибо в противном случае вынимание их из бани будет продолжаться настолько долго, что остающиеся в ней образцы, еще не закрытые пробкой, успевают вновь притянуть влагу.

Высушивание необходимо должно вестись при строго регулированной [регулируемой] температуре, ибо, особенно под конец высушивания, когда уменьшение веса незначительное, достаточно небольшого понижения температуры на короткое время, чтобы почва успела притянуть влагу и оказалось увеличение веса, маскирующее результаты сушения. Высушивание ведется до постоянства веса образца после трехкратного взвешивания. Излишне производить взвешивание через очень короткие промежутки времени, достаточно, если первое взвешивание произвести после того, как образец сушился в продолжение десяти часов при температуре 105° С. Второе взвешивание производится через 6 часов, третье и следующие через 3 часа. Если температура держалась в продолжение всего последнего срока сушения ровно на 105° С, обыкновенно при этом взвешивании не обнаруживается уже потери веса, и следующий период сушения служит только контрольным; но часто (при недостатках термостата) обнаруживается привес, который при дальнейшем сушении пропадает. Ввиду огромной гигроскопичности почвы и ее механических элементов не следует сразу ставить уже высушенные до некоторой степени образцы в холодную баню. При нагревании бани образующийся от горения водяной пар сгущается ее холодными стенками и, проникая внутрь бани, жадно впитывается почвой, пока она не прогреется. Чтобы ускорить это прогревание почвы, следует ставить образцы в баню, уже нагретую до высокой температуры, 150—160° С. При этом нагревании предварительно вынимается из бани та пластинка, на которую ставятся образцы, чтобы не пришлось ставить баночку на сильно нагретую металлическую пластинку и тем предохранить их растрескивание. Когда температура бани достигнет 150—160° С, быстро

вдвигают в нее вынутую холодную пластинку и возможно быстро устанавливают баночки с почвой, вынимая из них одновременно пробки и располагая их отдельно близ бани в том же порядке, в каком стоят сосуды в бане, чтобы при закрывании сосудов, по окончании сушения, можно было сразу брать необходимую пробку.

После внесения сосудов температура бани сразу падает приблизительно до 90° С, и ее продолжают нагревать сильным пламенем, чтобы быстро довести до желаемой температуры, 105° С, по достижении которой сразу уменьшают пламя, приведя в действие терморегулятор. * При соблюдении этих условий высушивание идет быстро, особенно если баня окружена деревянным кожухом, защищающим ее от быстрых случайных охлаждений.

Пробки сосудов, в которых производится высушивание, так же как и горлышко, не должны иметь сильно выраженную, коническую форму, а возможно приближаться к форме цилиндра, ибо в противном случае при закрывании горячего сосуда холодной пробкой последняя глубоко вдвигается в расширившееся от нагревания горлышко, и при остывании его сосуд или растрескивается, или пробка зажимается с такой силой, что невозможно бывает открыть сосуд. Ввиду этого не следует запирать плотно пробку; когда сосуд остынет, горлышко его само плотно зажмет пробку. После вынутия из бани сосуды тотчас же ставятся для охлаждения в эксикатор. Щипцы, которыми вынимаются баночки из бань, должны быть слегка нагреты, чтобы избежать растрескивания баночек от внезапного прикосновения холодного металла; ввиду этого хорошо также держать пробки на крышке кожуха, окружающего бани, причем пробки вместе с кожухом нагреваются приблизительно до 40° С. **

* Особенно хороши терморегуляторы Сокслета и Р. Мюнке для газовых нагревателей.

** Если кожух полирован, то пробки необходимо ставить на асбесто-

Навеска воздушносухой просеянной почвы, для производства анализа, берется такой величины, чтобы количество абсолютно сухой просеянной почвы в ней равнялось тому, которое содержится в 50 г абсолютно сухой первоначальной почвы, не просеянной через сито с отверстиями в 3 мм. Величина этой навески в граммах, очевидно, равна пятидесяти плюс половина процентного содержания в почве влажности [влаги] и минус половина процентного содержания в ней продуктов крупнее 3 мм. Так, если в почве содержалось 5,42% влаги и 8,64% продуктов крупнее 3 мм, считая в этом количестве камни, хрящ, органические остатки, то навеска такой почвы будет равна 50 + 2,71—4,32 = 48,39 г. Беря такую навеску, мы избавляем себя от излишнего вычисления процентов, ибо при ней результаты анализа, умноженные на два, дадут нам сразу процентное содержание соответствующих продуктов в абсолютно сухой первоначальной, не измененной просеиванием, почве.

Для того чтобы иметь возможность взять навеску такого характера, мы и берем из всего среднего образца сразу пробу для определения механического состава и пробу для определения влажности; последняя будет, следовательно, одна и та же как во всем образце почвы, так и в отдельной меньшей пробе, сохраняющейся в банке с притертой пробкой. Все эти пробы берутся всегда одним и тем же способом.

Для этого почва расстилается [рассыпается] ровным слоем на листе бумаги, и небольшой роговой ложкой берутся пробы, захватывающие весь слой почвы насквозь, по крайней мере, из двадцати мест, равномерно расположенных по всей поверхности, занимаемой слоем. Пробы для навески, в которой будет производиться определение влажности, берутся очень маленькой ложечкой или тонким стальным шпателем и всыпаются в описанный небольшой сосуд. Пробы для механического ана-

---

вую пластинку, прикрепленную к крышке кожуха; в противном случае к ним пристает немного лаку, и вес сосуда изменяется во время сушки.

лиза берут ложкой и ссыпают, избегая распыления, в банку с притертой пробкой. Когда наступит время брать навеску для механического анализа, все содержимое банки высыпается на лист глянцовитой бумаги, положенной перед тарированными весами, на одной чашке которых стоит легкая стеклянная чашечка, * уравновешенная равным ей грузом, положенным на другую чашку весов, на которую ставят также вес, равный величине навески почвы. Почва, после предварительного перемешивания, располагается на листе ровным слоем, и из него совершенно так же, как и в других случаях, берут на всю его глубину ложкой или шпателем небольшие пробы, равномерно расположенные по всей поверхности слоя; количество таких проб должно быть не менее двадцати. Все они ссыпаются в чашку, стоящую на весах, пока вес их не окажется приблизительно равным положенному грузу; тогда чашку переносят на точные весы и, прибавляя или убавляя небольшое количество почвы, доводят вес до желаемой величины.

После того как навеска взята, почву, рассыпанную по листу глянцовитой бумаги, вновь переносят в ту банку, в которой она лежала, где она хранится до окончания анализа, как запас на случай потери анализа; остатки почвы с бумаги тщательно собирают редкой щетинной кистью в ту же банку, чтобы не нарушить состава образца.

Навеска почвы переносится в чашку, в которой будет вестись кипячение. Эти чашки должны быть глубокие, представляющие половину шара. Такой формы фарфоровые чашки (так называемые котелки) дороги и тяжелы; мы заменили их железными, давлеными из одного куска и покрытыми снаружи цветной (коричневой или синей), а с внутренней стороны белой эмалью; эмаль должна быть ровная, без пузырей и трещин (лучше всего чашки немецкого производства). Чашки снабжены широким полукруглым носиком. Диаметр чашек равен

* Чрезвычайно удобны для навешивания легкие штампованные чашки, сделанные из никеля, которые теперь всюду находятся в продаже.

16 см при вышине их в 8 см. Эти железные чашки имеют еще то преимущество перед фарфоровыми, что, благодаря лучшей теплопроводности их стенок, кипение в них совершается равномернее и не ограничивается только тем местом, которое непосредственно нагревается пламенем горелки.

Чтобы перенести почву без распыления, ее смачивают сначала водой в той чашке, в которой производилась навеска. Наливая воду, никак не следует направлять струю в самую почву — это безусловно влечет за собой сильное распыление почвы. Направляя струю по стенке чашки, наливают столько воды, чтобы она стояла кольцом вокруг почвы, и дают ей всосаться в последнюю; когда она пропитается водой, ее переносят при помощи палочки или неширокого шпателя в чашку, в которой она будет кипятиться, обмывая чашку водой из промывалки. При всяком смывании почвы или продуктов механического анализа водой никак не следует направлять струю в почву или в продукт; при этом необходимо произойдет разбрызгивание; струя направляется так, чтобы она ударялась о дно или стенку сосуда близко над тем местом, где находится почва, и, стекая, вода уносит за собой почву.

После того как почва перенесена в чашку для кипячения, ее доливают водой так, чтобы последняя занимала не более половины высоты чашки; при описанных размерах чашки для этого достаточно около 250 куб. см воды. Почва тщательно размешивается с водой и палочка оставляется в чашке, причем она лежит, опираясь на носик чашки.

Чашка закрывается часовым стеклом, положенным выпуклой стороной вниз. Стекло не должно обладать большим радиусом кривизны, ибо в противном случае оно легко приходит в соприкосновение с поверхностью воды в чашке. При всех помешиваниях следует избегать приведения поверхности жидкости в сильное волнение, ибо при этом смачиваются стенки чашки высоко над поверхностью, и иловатые продукты взбираются на мокрую поверхность и там высыхают, что вредно

отзывается на результатах кипячения. Кипячение производится на горелке, дающей ряд небольших язычков пламени, расположенных в виде венца или спирали небольшого диаметра (не больше 4—5 см); в противном случае верхняя часть стенки нагревается слишком сильно и на ней ссыхается много ила. Сначала кипячение требует непременно присутствия наблюдателя; пока из почвы не выделился весь воздух (на что нужно около тридцати-пятидесяти минут), она способна давать сильную пену, особенно если содержит много органического вещества, и эта пена может легко разбрызгаться. Как только начнется образование устойчивой пены, ее тотчас разрушают, приподняв одной рукой стекло и помешивая почву палочкой; если же это не помогает, то разрушают ее струйкой холодной воды. При кипячении чрезвычайно удобно иметь над тем местом, где оно производится, сосуд с дестиллированной водой, из которого вода [воду] по гуттаперчевой трубке, оканчивающейся стеклянным оттянутым наконечником, может быть наливаема [можно наливать] в чашку, не снимая часового стекла, вводя наконечник в пространство, образующееся между носиком и часовым стеклом. Наклонность к образованию пены прекращается обыкновенно очень скоро, и смесь почвы с водой начинает кипеть покойно; кипение не должно быть бурным, пламя нужно урегулировать так, чтобы звук от кипения был ясно слышен, но поверхность воды не приходила бы в сильное волнение и не было бы сильных брызг. Те брызги, которые образуются, останавливаются стеклом и смываются сгущающимся паром обратно в чашку.

Кипение идет сначала покойно, но уже через два-три часа начинаются толчки; они происходят оттого, что песок и пыль слагаются на дне чашки в плотный слой, и под ним стенка чашки перегревается, и когда пар приобретает настолько большую упругость, что в состоянии разорвать этот слой, он вырывается с силой, производя иногда очень сильные толчки. Эти толчки тем сильнее, чем больше почва содержит пылеватых

частиц, и удаление последних из кипящей жидкости поэтому очень желательно. Мы уже видели, что после шести часов кипячения грубая пыль и песок совершенно очищаются от приставших частичек ила. Мы видели также, что удаление частиц разделенного ила составляет необходимую операцию для того, чтобы при кипячении можно было действительно разделить частички ила. Ввиду этого после шестичасового кипячения его прерывают. Теперь песок и грубая пыль совершенно очищены от приставших частичек ила — часть ила разделена, и другая часть его будет находиться в виде комков в смеси со средней и мелкой пылью, не вполне еще освободившихся от прилипшего ила.

После того как содержимое чашки, по окончании шестичасового кипячения, охладится, его выливают в сито с отверстиями в 0,25 мм, поставленное в фарфоровую чашку емкостью около 1000 куб. см. Сито состоит из латунной проволочной ткани, пропущенной через вальцы, что препятствует сдвиганию проволочек и расширению отверстий сита. Эта ткань натянута на обруч из жести, на котором удерживается надвинутым жестяным цилиндром. Промежуток между обручем и цилиндром запаян оловом, чтобы туда не могли попадать частички почвы. Диаметр сита равен 10 см при вышине его в 6 см. Поверхность сетки сита перед вливанием в него смеси воды и почвы смачивается водой с наружной стороны; в противном случае вода проникает через него с трудом. После того как жидкость со взмученными в ней частицами почвы перелита из чашки в сито, отмывают приставшие к стенкам чашки, в виде кольца, частички почвы, так же как те, которые остались на часовом стекле и на палочке; их оттирают пальцем, смоченным водой, при этом захватывают со дна чашки пальцем небольшое количество оставшегося песка и им слегка трут это кольцо; этим путем отмывание кольца идет очень успешно. После того как эта операция окончена, смывают все содержимое чашки со стенок ее на дно водой из промывалки, осадок взмучивают и переносят

его при помощи струи воды в то же сито, избегая направлять струю воды в самый осадок, как уже было сказано выше. При взмучивании осадка почвы, во время всех операций механического анализа, никогда не пользуются простой стеклянной палочкой (это допустимо только во время кипячения почвы), ибо при помешивании попадающие под конец палочки частички почвы сами разрушаются и производят царапины на посуде. Эти царапины очень неприятны уже на чашках, сильно препятствуя очищению их, но на стеклянной посуде они еще неприятнее, ибо благодаря им прочность посуды сильно уменьшается, и поцарапанный с внутренней стороны стеклянный сосуд часто растрескивается без всякой видимой причины, часто даже в то время, когда он не находится в употреблении. Ввиду этого всегда следует употреблять палочки, на конец которых надет колпачок из черной резины; особенно удобны колпачки, расширяющиеся на конце в виде весла.

После того как осадок весь перенесен на сито, его перемешивают в последнем палочкой с колпачком, после чего вынимают сито из мутной жидкости, прошедшей через него в чашку, обмывают его стенки снаружи и изнутри струей воды и затем промывают содержимое сита сильной струей воды, получаемой из той трубки промывалки, в которую обыкновенно вдувают воздух. Промывание ведется [ведут], держа сито на небольшой высоте (чтобы избежать брызг) от поверхности жидкости над той же чашкой, в которой оно стояло раньше.

Чтобы убедиться, что содержимое сита промыто действительно хорошо, ставят его в небольшую фарфоровую чашку (диаметром в 12 см) и содержимое его тщательно перемешивается палочкой с колпачком, после чего опять промывают содержимое сита над небольшой чашкой; если проходящая вода прозрачна — промывание прекращается, если же она еще слегка мутна, то продолжают его до тех пор, пока вода, проходящая через сито и собранная в отдельной чашке, не будет

прозрачна. Эту воду присоединяют к той, которая находится в большой чашке. При этом промывании над небольшой чашкой, хотя бы вода, проходящая через сито, и была вполне прозрачной, с ней всегда будут проникать частички пыли — отмыть их водой из содержимого сита вполне никогда не удается и их следует отделять в сухом состоянии. Поэтому промывают только до прозрачной воды, независимо от того, содержит ли она частицы пыли или нет.

После того как промывание окончено, ставят сито в чашку дном вверх и просушивают его, поставив чашку над горелкой на таком расстоянии, чтобы чашка не нагревалась слишком сильно, иначе сито может распаяться, и может произойти обугливание органических остатков. Но оставлять песок на сите сохнуть при комнатной температуре тоже не следует — материалы сита сильно окисляются, при этом и оно скоро изнашивается. По мере того, как содержимое сита высыхает, он [песок] ссыпается на дно чашки. Ставить сито для просушки в чашку отверстием вверх не следует, ибо если температура, при которой ведется высушивание, случайно повысится до точки кипения воды, непременно произойдет разбрызгивание и потеря содержимого сита.

Ввиду той же возможности повышения температуры до точки кипения воды, следует, при оборачивании сита над чашкой, слегка ударить его о дно чашки, чтобы содержимое сита упало на дно чашки; в противном случае при нагревании это содержимое само упадет в чашку, и если дно ее сильно нагрето, то от быстрого охлаждения, произведенного прикосновением мокрого осадка, чашка растрескается; когда же на дне будет лежать слой песка, он будет защищать чашку от такого быстрого охлаждения.

После того как содержимое сита вместе с ним высохло и охладилось, легким постукиванием заставляют осыпаться на дно чашки все, что еще осталось прилипшим к ситу. Далее, не снимая сита с чашки, слегка протирают его сеющую поверх-

ность снаружи медной кистью. * Это особенно важно, если почва содержит много мелкого песка — последний плотно засевает в отверстиях сита, и производительность просеивания от этого сильно уменьшается; иногда, если почва содержит очень много мелкого песка, эту операцию приходится повторять несколько раз при дальнейшем просеивании. Очистив сито, его ставят на лист глянцовитой бумаги, оттирают от стенок его приставшие изнутри частички органических веществ и песка, слегка растирая их на дне сита, чтобы разделить песчинки, слепленные органическими остатками. Такому же легкому перетиранию пальцем подвергают и песок, оставшийся в чашке, в которой сушилось сито с песком, и весь песок переносится в сито, через которое просеивается короткими сотрясательными горизонтальными движениями, пока не прекратится отделение частиц мельче 0,25 мм. Если песка в сите осталось много, то приходится прерывать просеивание, высыпать песок в чашку и над ней же произвести [производить] вышеупомянутое протирание сита медной кистью, после чего опять возобновлять просеивание.

Это просеивание является необходимой операцией. Как бы чисто мы ни отмывали песок на сите струей воды от частиц крупной пыли, после высыхания его оказывается, что через то же сито просеивается заметное количество пыли, которое тем больше, чем больше содержится в почве крупной пыли. Так, например, в почве, содержавшей 6,82% мелкого песка и 61,30% крупной пыли, осталось на сите после промывания 5,09 г крупной пыли, и если бы мы не отсеяли ее в сухом виде, количество мелкого песка увеличилось бы на 10,18%, а количество крупной пыли настолько же уменьшилось бы, и в почве оказалось бы 17,00% мелкого песка и 51,12% крупной пыли. Если же отнести это количество оставшейся на сите пыли

* Такие медные кисти употребляются слесарями для чистки пил, и их можно приобрести во всякой инструментальной лавке за ничтожную ену.

не ко всей почве, то мы увидим, что оно составляет 178,59% всего мелкого песка и 16,61% крупной пыли. Явление это зависит, вероятно, от того, что, благодаря облегающим как песчинки, так и проволоку сита слоям воды, проникновение пылинок задерживается.

Просеянное количество пыли собирается в чашечку, смачивается водой и перетирается с нею пальцем и присоединяется ко всему количеству крупной пыли, которая находится в это время, как мы увидим далее, в стакане с водой; если мы высыпаем эту пыль в сухом виде в воду, содержащую остальную крупную пыль, то благодаря тому, что она трудно смачивается водой, это количество ее будет плавать по поверхности воды, не оседая на дно, и при отмучивании будет слито вместе со средней и мелкой пылью и илом.

После этих операций на сите остается смесь крупного, среднего и мелкого песка. Ее переносят в сито с отверстиями в 1 мм, причем сито, из которого она переносится, протирается медной кистью. На этом сите также просеивают смесь, как и на предыдущем, над глянцовитой бумагой или над большой фарфоровой чашкой, и часть, прошедшую через него, просеивают вновь через сито с отверстиями в 0,5 мм. Таким образом на первом из этих двух сит останется крупный песок, на втором средний песок, а прошедшая через второе сито часть будет мелкий песок. Сита опоражниваются над чашками, причем их протирают медной кистью, и пески переносятся в описанные выше тарированные цилиндрики для сушения, которое производится так же, как оно [это] было изложено при определении влажности почвы. Вес песков, увеличенный вдвое, дает процентное содержание их в почве.

Возвратимся теперь к той части почвы, которая, взмученная в воде, прошла через сито с отверстиями в 0,25 мм. В ней в смеси с водой содержится вся крупная, средняя и мелкая пыль и ил. Крупная пыль совершенно отделена от приставшего к ней ила, и большое количество последнего находится в раз

деленном состоянии. Мы видели, что крупная пыль выпадает вся, в виде осадка, из слоя воды в 10 см в продолжение пяти минут. Этим свойством мы и пользуемся, чтобы отделить всю крупную пыль от средней и мелкой и от ила. Это отделение чрезвычайно важно, ибо от присутствия крупной пыли в кипящей жидкости происходят сильные толчки. Но, кроме этого удаления пыли, мы должны также удалить и часть ила, освободившегося при кипячении по причинам, уже упоминавшимся ранее, и это удаление производится отстаиванием его в слое воды в 10 см в продолжение двадцати четырех часов. Но в присутствии крупной пыли большое количество ила увлекается на дно при падении первой, и для ускорения операции отстаивания нам необходимо выделить предварительно крупную пыль из той жидкости, которая содержит ил. Это производится таким образом.

Часть темной жидкости, содержащей все частички почвы, кроме песков, из той чашки, в которой она находится, переливается в стакан — 6 см в диаметре и 12 см вышины; емкость этого стакана равна приблизительно 350 куб. см; на высоте, равной 10 см ото дна, стакан снабжен чертою. Жидкость вливается до этой черты и в продолжение пяти минут оставляется в совершенном покое; по прошествии этого срока мы заметим, что на дне чашки обособился тонкий слой осадка. Жидкость, стоящая над этим осадком, сливается через носик стакана, который должен быть обмазан вазелином, так же как и носик той чашки, из которой мы наполняем стакан. Сливание производится в стеклянную цилиндрическую чашку 20 см в диаметре и 12 см вышины; на высоте 10 см ото дна этой чашки также сделана черта, емкость этой чашки до черты приблизительно в 10 раз больше емкости стакана, из которого производится сливание. Пока жидкость, сливаемая из стакана, темна и не видно резкой границы осадка, следует вести сливание осторожно, т. е. не сливать жидкость слишком близко к осадку. Слитая жидкость заменяется новой порцией ее же из той фар-

форовой чашки, над которой мы промывали почву на сите; стакан опять наполняется до черты и через пять минут, которые всего удобнее отсчитывать по песочным пятиминутным часам, жидкость снова сливается до осадка, который занимает уже несколько больший объем, в ту же стеклянную цилиндрическую чашку. Такое доливание совершается до тех пор, пока вся жидкость из фарфоровой чашки перельется в стеклянную цилиндрическую чашку, для чего обыкновенно бывает достаточно от пяти до шести сливаний, ибо, как мы помним, емкость фарфоровой чашки равна приблизительно 1000 куб. см, а стакана — 250 куб. см. После того как мы слили всю жидкость, в фарфоровой чашке остался осадок крупной пыли с примесью средней и мелкой пыли и небольшого количества ила. Если последние порции жидкости, стоявшей над осадком, не наполнили стакана до черты, мы доливаем его водой из нагнетательной трубки промывалки, и когда через пять минут мы сольем жидкость из этого стакана, переносим в него весь осадок из фарфоровой чашки при помощи, сначала, стеклянной палочки с каучуковым наконечником, а потом при помощи струи воды из промывалки; присохшие к стенке чашки частички почвы оттираются от них водой при помощи пальца или той же палочки с наконечником и тщательно смываются в тот же стакан; после того как осадок весь перенесен в стакан, размешиваем его все той же палочкой, обмываем последнюю над стаканом и наполняем его до черты сильной струей воды из нагнетательной трубки промывалки, опять оставляем стакан стоять в продолжение пяти минут, и теперь уже на дне его обособится толстый, иногда до десяти миллиметров, слой крупной пыли; стоящая над ним жидкость все еще сильно окрашена, но эта окраска при дальнейших сливаниях быстро исчезает. По прошествии пяти минут, как и прежде, сливаем мутную воду в чашку, снова наполняем стакан, тем же способом, водой — одним словом, продолжаем пятиминутное отмучивание до тех пор, пока стеклянная цилиндрическая чашка не будет наполнена

почти до черты, для чего понадобится, как мы уже говорили раньше, десять сливаний. При последних сливаниях стекающая вода уже не будет окрашена, и в ней мы только будем видеть медленно осаждающееся облако пыли.

Осадок пыли настолько плотен, что при сливании жидкости, стоящей над ним, он остается в виде слоя на дне, не спалзывая по его наклону. Когда жидкость уже просветлится, мы увидим, что ее можно сливать почти начисто, не тревожа лежащего на дне плотного осадка; если сливание производится твердой рукой и поверхность сливаемой жидкости, при наклонении стакана, опускается равномерно, без больших колебаний, тогда вода скользит по осадку пыли, не взмучивая его.

При последовательных сливаниях мы заметим, что облако пыли, остающейся взмученной в воде после пятиминутного покоя, опускается с каждым разом все ниже и ниже; количество средней и мелкой пыли делается все меньше и меньше. Быстрота уменьшения количеств этих частиц зависит от содержания крупной пыли в почве — чем ее больше, тем бо́льшие количества средней и мелкой пыли она увлекает за собою на дно, и наоборот. В почвах, содержащих от пятнадцати до двадцати процентов крупной пыли, бывает обыкновенно достаточно двадцати сливаний, при большем же содержании крупной пыли для полного очищения ее от средней пыли бывает нужно до тридцати сливаний, и это число достигает иногда сорока при анализах подзолистых почв, содержащих иногда до шестидесяти — шестидесяти пяти процентов крупной пыли. Но мы ограничиваемся только десятью сливаниями, оставляя осадок стоять в закрытом стакане под водой до следующего отмучивания. Осадок этот уже не будет кипятиться с водой, хотя он и содержит некоторое количество (до десяти процентов своего веса) средней пыли; эта часть последней, оставшаяся в стакане, по своим размерам мало отличается от крупной пыли, и кипячение от нее уже не отделяет прилипших частиц ила, так же как и от крупной пыли. Отделением же ее мы займемся

тогда, когда после второго кипячения начнем систематическое отмучивание.

В цилиндрической чашке у нас собралось все количество ила, мелкой пыли и средней пыли, еще не вполне очищенных кипячением, и из них мы должны выделить часть ила, уже находящегося в разделенном состоянии. Мы доливаем чашку водой до черты, поставив ее в горизонтальном положении в особом штативе, и оставляем стоять в продолжение двадцати четырех часов; в это время осядет все количество средней и мелкой пыли и останется в подвешенном состоянии большая часть тонкого ила. По прошествии двадцати четырех часов мы сливаем сифоном мутную жидкость с осадка возможно чисто. Это сливание производится на особом штативе, и описание как этого штатива, так и приемов сливания мы положим [отложим] до описания систематического отмучивания.

После того как мутная жидкость слита и сифон, которым производилось сливание, ополоснут, мы снова наливаем в чашку небольшое количество воды и с нею тщательно размешиваем и взмучиваем оставшийся на дне осадок палочкой с гуттаперчевым наконечником, после чего, когда осадок уже нигде не оказывается приставшим ко дну, наливаем в чашку сильной струей воды до черты и снова оставляем ее стоять на 24 часа, когда сливаем жидкость, хотя еще и сильно мутную, но уже много светлее первой порции. Обе порции жидкости сливаются в один и тот же сосуд — цилиндр, вмещающий ровно две такие порции жидкости. Для почв, не содержащих много ила — песчаных, подзолистых, супесчаных и суглинистых, достаточно двух сливаний, для почв же с большим содержанием ила — черноземных, глинистых и для глин и каолинов лучше повторить подобное предварительное сливание еще два раза. Эти третья и четвертая порции собираются в другой цилиндр такой же емкости, как и первый.

После окончания этих сливаний почва из стеклянной чашки, у которой предварительно обмывают стенки от приставших

частичек почвы, переносится при помощи струи воды из промывалки начисто в ту же самую железную чашку, в которой производилось кипячение ее. Чашка попрежнему доливается до половины ее высоты водой, покрывается часовым стеклом и ставится над такой же горелкой, как и прежде, и начинается вновь кипячение почвы, которое продолжается 42 часа с необходимыми перерывами. Помешивание палочкой в продолжение этого кипячения не составляет необходимого условия и поэтому лучше не держать ее теперь в чашке. Благодаря отсутствию песков и крупной пыли кипячение идет чрезвычайно покойно, и, раз установивши пламя горелки на требуемую вышину, работающий может заниматься всякой другой работой, отрываясь только от времени до времени, чтобы пополнить испаряющуюся воду, что, благодаря прикрытию чашки стеклом, требуется далеко не часто. Перед возобновлением прерванного вечером кипячения утром нужно только отмыть от стенок чашки частички почвы, присохшие кольцом у уровня жидкости, что совершается или при помощи пальца, или же стеклянной палочкой с гуттаперчевым колпачком.

По окончании этого кипячения частички ила вполне разделены и частички средней и мелкой пыли вполне освобождены от приставших к ним частичек ила. И подготовленная таким образом почва подвергается систематическому отмучиванию. Но прежде чем перейти к описанию хода отмучивания, мы опишем тот штатив, устройство которого мы нашли отвечающим условиям этого отмучивания, и займемся рассмотрением тех операций, которым подвергается собранная в цилиндры мутная жидкость — продукт предварительного отмучивания.

Цилиндры, в которые собирается мутная жидкость, содержащая один только ил, как мы уже упоминали, вмещают в себе две порции сливаемой жидкости, и при высоте в 35 см они имеют диаметр в 17 см, и емкость их около 8 л. Цилиндры снабжены картонной крышкой для защиты от пыли. После того как в такой цилиндр перелиты две порции иловатой жидкости,

он настолько наполнен, что допускает свободное перенесение его без боязни расплескать жидкость. По наполнении они переносятся в такое место лаборатории, которое защищено от прямого действия солнечного света, и в каждый из них вливается 20 куб. см насыщенного при обыкновенной температуре раствора хлористого кальция; под влиянием этой соли частички ила сбиваются в хлопья. Размер хлопьев бывает очень различный в зависимости от почвы, из которой произошел ил. Смотря по величине этих хлопьев, они с большей или меньшей скоростью оседают на дно цилиндра. Часть этих хлопьев прилипает к стенкам сосудов. Эти прилипшие к стенкам сосуда хлопья сильно мешают при сливании осветлившейся жидкости; при понижении уровня жидкости во время ее сливания они смываются со стенки и опускаются на дно, сначала медленно, но на пути своем они увлекают другие хлопья, слипаются с ними и, увеличившись, начинают падать быстро и, наконец, вступают в область сильного действия сифона; поэтому приходится прерывать сливание, чтобы дать им осесть на дно. Чтобы избежать такого перерыва, после того как главная масса ила осела на дно, вводят в цилиндр длинную стеклянную палочку с каучуковым наконечником и медленно обводят ею по стенкам его, опуская ее по спиральной линии очень осторожно, чтобы не взмутить главной массы осадка. Отделенные от стенок хлопья садятся на дно. Иногда эту операцию приходится повторить два раза. В тех случаях, когда приставшие к стенкам хлопья крупны и их немного, бывает достаточно, если взять цилиндр за нижнюю его часть руками и быстро, отрывисто повернуть его на небольшую дугу вокруг собственной оси; при этом хлопья отрываются и начинают опускаться на дно.

Полное осветление наступает обыкновенно через одни сутки; но иногда, о чем было уже говорено, осветление задерживается до двух или трех суток. Как только жидкость осветлилась, ее сливают с осадка. О полноте осветления судят, глядя не через

стенки цилиндра, ибо на них всегда прилипают ничтожной величины хлопья, плотно пристающие к стенкам и не смывающиеся при понижении уровня воды, и этот осадок делает их мутными, а смотря в цилиндр сверху — если жидкость вполне осветлилась, дно цилиндра, с лежащим на нем хлопчатым осадком, должно быть ясно видно во всех деталях. Цилиндры с осветлившейся жидкостью придвигают к краю стола и слегка наклоняют их вперед, положив под задний край дна небольшой отрезок дерева толщиною в 10 см (такие обрезки употребляют в лабораториях для подстановки под горелки, стаканы и т. п., и запас их имеется всегда во всякой лаборатории). После приведения цилиндра в такое наклоненное положение в него вводят короткий конец сифона, которым можно достать до дна цилиндра. Сифон должен быть предварительно наполнен водою, и длинный конец его снабжается гуттаперчевой трубкой с зажимом (так называемым американским). Сифоны с расходящимися коленами неудобны для этой цели — колена сифонов, употребляемых нами, параллельны между собой. Введение конца сифона в цилиндр должно производиться твердой рукой, чтобы колебания сифона не взмутили очень подвижного осадка. Доведя конец сифона до расстояния 10—12 см ото дна цилиндра, открывают зажим и пускают струю полной силой, опуская сифон по мере приближения уровня жидкости к его высасывающему концу. Диаметр сифона должен быть не менее 10 мм, в противном случае эта операция сливания слишком утомительна для руки, держащей сифон, благодаря своей продолжительности. Всасывающий конец сифона удерживается на небольшом расстоянии от передней стенки цилиндра. Когда уровень воды начинает приближаться к верхней части наклоненного дна, мы, опуская сифон левой рукой, начинаем, держа зажим в правой руке, уменьшать силу струи, и таким образом при незначительном уже навыке удается слить жидкость с осадка почти начисто, не трогая последнего. Слив жидкость, смывают струей воды из промывалки прилип-

шие к стенкам комочки ила на дно и оставляют цилиндры до нового отмучивания, когда в них поступят дальнейшие порции мутной жидкости, содержащей ил.

Что касается штатива, на котором производится систематическое отмучивание, то его лучше делать, ввиду экономии в месте, сразу на несколько приборов. Штатив, которым мы пользуемся в продолжение трех лет в лаборатории Земледельческого кабинета Петровской академии, такой величины, что на нем можно одновременно производить десять механических анализов, причем он занимает пространство в 260 см в длину, 50 см в ширину и 120 см в вышину. Сосуды для отмучивания, необходимые для производства одного анализа, расположены один над другим, занимая одну десятую часть длины его.

Штатив состоит из четырех полок, укрепленных в боковых стойках, расположенных одна над другой, так что всякая верхняя полка закрывает более половины ширины следующей. Ширина трех нижних полок равна 25 см, верхняя же имеет только 12 см ширины. Нижняя полка расположена на высоте 25 см от пола, вторая на расстоянии 50 см от нижней. Расстояние же между второй и третьей, так же как между третьей и четвертой, равно 17 см.

Нижняя полка служит для установки на ней больших цилиндров, в которых собирается мутная жидкость, содержащая ил; на верхнюю ставятся те стаканы, в которых производится отделение крупной пыли пятиминутным отмучиванием; на ней же стоят и песочные часы, употребляемые при этой операции; эти две полки снабжены только небольшими закраинами, предупреждающими случайное сдвигание с них сосудов.

В промежутках между второй и третьей полками и между третьей и четвертой, к задней части поперечных стоек, привинчено по горизонтальному призматическому брусу, нижняя поверхность которых — на высоте 30 мм от полки. Каждый брус укрепляется так, чтобы его нижняя поверхность имела вполне горизонтальное положение, и к этой поверхности при

помощи шарниров прикреплен ряд деревянных равнобедренных треугольников. Угол, образованный равными сторонами этих треугольников, имеющих каждая по 30 см длины, обращен к передней части штатива; более же короткая сторона в 20 см длиною прикреплена шарниром к горизонтальному брусу. Выдающийся вперед угол обрезан так, что стороны его имеют всего 25 см длины. Треугольники сделаны не из цельного куска дерева, а составлены из трех призматических брусков 35 × 15 мм каждый, так что образуют собственно треугольную рамку в 1,5 см толщиною. Благодаря шарниру, которым треугольники соединены с задним горизонтальным брусом, они обладают движением, так что передний конец их можно приподнимать. В этот передний конец снизу врезана латунная пластинка, которой треугольник опирается на латунный же уравнительный винт, проходящий в гайку, врезанную вровень с поверхностью в ту полку, над которой подвешен треугольник на своем шарнире. Уравнительный винт снабжен на верхней своей части, выходящей над полкой, широкой плоской головкой в 40 мм в диаметре, дающей возможность свободно ввинчивать и вывинчивать его; над этой головкой выдается закругленный отросток, в который упирается треугольник своей передней частью. В нижней своей части, выходящей под поверхность полки, винт снабжен гайкой, укрепленной неподвижно при помощи контргайки. Эта гайка укрепляется в таком положении, чтобы при вывинчивании винта она останавливала его движение вверх, когда величина выдвинутого конца над поверхностью полки достигнет 30 мм, т. е. той высоты, на которой укреплен горизонтальный брус, служащий местом прикрепления треугольников. Таким образом при вывернутом на полную вышину винте треугольник, опирающийся на него передним концом, будет находиться в строго горизонтальном положении. Если же мы ввернем винт до тех пор, пока шляпка его коснется поверхности полки, то вышина этой шляпки вместе со штифтом, в который упирается тре-

угольник, равна 10 мм, и, следовательно, передний конец треугольника опустится на 20 мм.

Таким образом весь штатив для анализов представляет четыре полки. На верхней узкой расположен ряд из десяти стаканов, прикрытых часовыми стеклами, и вместе с ними стоит ряд пятиминутных песочных часов; на нижней полке расположены в ряд десять цилиндров, покрытых картонными крышками; наконец, на средних двух полках выдаются два ряда треугольников, опирающихся каждый на свой уравнительный винт, и на каждом таком треугольнике стоит цилиндрическая стеклянная чашка, покрытая круглой стеклянной пластинкой; все двадцать чашек находятся в строго горизонтальном положении. Благодаря тому, что нижняя полка выдается более всех других вперед, сзади нее образуется пространство, которое служит для помещения запасных цилиндров для собирания сливаемой воды с илом.

На задней стенке верхней полки, против мест, занимаемых стаканами, нанесены справа налево последовательно номера от 1 до 10, и все сосуды, расположенные в одном вертикальном ряду, несут тот же соответствующий номер. Запасные цилиндры несут номера от 11 до 20 и от 21 до 30. Это избавляет от надоедливого употребления этикеток, ибо, зная, что почва за известным номером занимает, например, прибор № 5, мы уже знаем, что все продукты анализа этой почвы находятся в сосудах под тем же № 5. Так же занумерованы и чашки для кипячения почв и те сосуды, в которые собираются продукты перед их определением, воронки, на которых происходит отделение продуктов от воды, и те скляночки, в которых производится высушивание продуктов.

Возвратимся теперь к той части анализируемой почвы, которая кипятилась в продолжение сорока восьми часов. Содержимое железной чашки выливается в сито с отверстиями в 0,25 мм, стоящее в стеклянной цилиндрической чашке, в которой мы уже производили предварительное отделение ила.

Это пропускание через сито совершается с той целью, чтобы на нем задержались могущие образоваться при кипячении небольшие комочки слипшихся частичек ила; если кипячение совершалось со всеми предосторожностями, то кольцо слипшихся иловатых частиц на стенке чашки никогда не бывает сильно развито, и при отмывании пальцем или палочкой с гуттаперчевым наконечником частички ила легко оттираются и стекают с водой в виде мутной жидкости; в этом случае на сите ничего не остается. Но если уровень кипящей жидкости понижался сильно, то это кольцо бывает довольно толстое, и при отмывании оно отходит в виде крупинок. Эти-то крупинки задерживаются на сите и растираются на нем пальцем или той же палочкой; после этого сито начисто обмывается водой снаружи и изнутри.

Теперь в цилиндрической чашке находится взмученная в небольшом количестве воды (обыкновенно 500—750 куб. см) смесь всего ила, оставшегося в почве после предварительного отмучивания со всем количеством мелкой пыли и с большей частью средней пыли, другая часть которой осталась в стакане с крупной пылью. Чтобы наполнить чашку, мы пользуемся той водой, при помощи которой будем отделять оставшуюся среднюю пыль от крупной. Для этого мы поступаем, как прежде. Взмучиваем в стакане плотно слежавшийся слой пыли и наливаем его до черты водой; по прошествии пяти минут, как и прежде, сливаем воду с подвешенной в ней средней пылью в цилиндрическую чашку, в которой уже находится кипятившаяся часть почвы. Опять наливаем стакан до черты водой из нагнетательной трубки промывалки (если в лаборатории есть проведенная перегнанная вода, то доливания делаются из гуттаперчевой трубки с зажимом, которая соединена с оловянной трубкой, приводящей перегнанную воду на рабочий стол). Струя воды должна быть достаточно сильна для того, чтобы, обводя ею по дну стакана, можно было взмутить весь осадок пыли.

Таким образом мы производим пятиминутное отмучивание

до тех пор, пока не наполним цилиндрической чашки почти до черты. Тогда мы ставим эту чашку на соответствующий ей горизонтальный треугольник верхней полки штатива и доливаем ее водой до черты. Таким образом, благодаря горизонтальному положению чашки и тому, что черта на стенке ее проведена на расстоянии 10 см ото дна, осаждение частичек почвы будет происходить из слоя в 10 см толщины. Чашка прикрывается стеклянным кружком.

Если почва содержит не больше 10% крупной пыли, то того количества пятиминутных сливаний, которые мы производили до сих пор для того, чтобы два раза наполнить сливаемой водой цилиндрическую чашку, достаточно для того, чтобы вполне очистить крупную пыль от примеси средней. Но если почва содержит до 20% крупной пыли, необходимо бывает сливать столько раз, чтобы наполнить три раза цилиндрическую чашку, а в почвах, содержащих более 30% крупной пыли, приходится отмучивать столько раз, чтобы четыре раза наполнить ту же чашку. Так как объем чашки в десять раз больше объема стакана, в котором производят пятиминутное отмучивание, то, следовательно, при содержании в почве до 10% крупной пыли надо произвести 20 сливаний, при 20%—30 сливаний и при содержании 30% и более крупной пыли число сливаний доходит до сорока. Сливания эти производятся периодически всякий раз, как нужно будет наполнить цилиндрическую чашку водой, по десяти сливаний в один прием, что занимает всякий раз 50 минут.

Конец пятиминутных сливаний определить очень легко; после двадцати сливаний мы заметим, что облако, которое образуется после наливания стакана водой, быстро опускается ко дну его, ограничиваясь резкой чертой от остающейся сверху совершенно прозрачной воды, и по истечении пяти минут мы увидим, что верхняя поверхность этого облака немного не достигла поверхности осадка. С каждым следующим сливанием эта величина, на которую не доходит верхняя поверхность

облака пыли до поверхности осадка, будет уменьшаться, пока, наконец, мы [не] уловим момент, когда по прошествии пяти минут вода в стакане [не] останется совершенно прозрачною; тогда мы прекращаем пятиминутное отмучивание.

Оставшуюся в стакане крупную пыль мы переносим при помощи тонкой струи из промывалки в такой же сосуд, в котором мы определяли влажность почвы; частички пыли, иногда плотно пристающие к стенкам стакана, оттираются мокрой палочкой с резиновым наконечником и переливаются в тот же сосуд (размеры этих цилиндриков для высушивания следующие: вышина 60 мм, диаметр 40 мм; они снабжены полой притертой пробкой; вес их приблизительно равен 20—25 г). После того как вода над осадком пыли в этом сосуде осветлится, ее снимают пипеткой возможно полно, не взмучивая осадка, и пыль просушивают сначала на песчаной бане, нагретой не выше 95° С, чтобы предупредить закипание воды и разбрызгивание пыли. Когда же пыль слегка подсохнет, ее высушивают в воздушной бане, как описано выше при определении гигроскопической влажности почвы. Вес абсолютно сухой крупной пыли, умноженный на два, дает процентное содержание ее в почве.

Для отделения средней пыли подвергают почву шестичасовому отстаиванию; в продолжение этого срока все количество средней пыли оседает на дно из слоя воды в 10 см вышины. Это шестичасовое отмучивание производится в цилиндрической чашке, в которую мы перелили кипятившуюся 48 часов часть почвы, поставленную на верхний треугольник штатива. По прошествии шести часов мы приступаем к сливанию. Мы видели, что сливание необходимо производить возможно чисто для ускорения хода анализа, и что такая возможность чистоты сливания достигается при наклонении чашки. Для этой цели те треугольники, на которых чашки ставятся в горизонтальное положение, и устроены так, чтобы передний конец их мог опускаться вниз на 10 мм. Мы помним, что вышина чашки

равна 12 см, а вода наливается в нее слоем в 10 см; следовательно, опуская треугольник, мы нагибаем и сосуд, и поверхность воды достигает при этом спереди самого края чашки; если опускание произведено плавно, без порывистых движений, переливания никогда не происходит.

Мутная жидкость из этой чашки сливается в подобную же чашку, стоящую как раз под нею в горизонтальном положении на нижнем треугольнике. Эта мутная жидкость содержит ил и мелкую пыль; последняя, как мы видели, отделяется от ила после двадцатичетырехчасового стояния в слое толщиною в 10 см, и в этой-то нижней чашке и будет происходить двадцатичетырехчасовое отстаивание. Нижняя чашка делается немного шире верхней, так чтобы вторая входила в первую. Благодаря большому диаметру, в нижнюю чашку может поместиться, кроме всего слитого из верхней чашки количества жидкости, еще небольшое количество воды, необходимое для промывания сифона. После наполнения нижней чашки, если она не наполнилась еще до черты, обозначающей высоту 10 см от ее дна, ее дополняют до этой черты водой, прикрывают стеклянным кружком и оставляют стоять 24 часа. По прошествии этого срока мутная жидкость из нее сливается в стоящий внизу цилиндр. Таким образом одно и то же количество воды сначала служит нам для отделения крупной пыли, потом из него же осаживается средняя пыль; в третьей чашке то же количество воды оставляет мелкую пыль и, наконец, переносит в нижний цилиндр свободный от примесей ил. Таков ход отмучивания в общих чертах.

Взмучивание осадка в верхней чашке и наполнение ее водой должно производиться ровно за шесть часов до срока сливания воды, содержащей ил, из нижней чашки, чтобы тотчас по слитии ее можно было внести новую порцию мутной жидкости, содержащей смесь мелкой пыли и ила; эта жидкость, взмучивая осадок в нижней чашке, еще раз заставляет мелкую пыль осесть, и часть ила, унесенного при осаждении мелкой пыли

на дно, останется в подвешенном состоянии, благодаря меньшей тесноте падения частичек, и будет через 24 часа слита в нижний сосуд. Это количество ила, увлекаемого при падении пыли на дно сосуда, очень невелико, ибо здесь падает не все количество пыли, а только мелкая пыль, и поэтому отмучивание идет сравнительно быстро. Сливание ила удобнее всего производить под вечер, например, в 6 часов вечера; тогда взмучивание осадка в верхней чашке надо будет произвести в 12 часов дня. Мы помним, что первые два или три раза мы наполняем верхнюю чашку той водой, которою мы производили пятиминутное отмучивание, и мы видели, что подобное наполнение чашки требует 50 минут. Следовательно, за 50 минут до полудня мы начинаем отмучивание, оно кончается в полдень, когда мы взмучиваем осадок в теперь наполненной верхней чашке и оставляем ее в покое до шести часов вечера, когда мы сливаем мутную жидкость из верхней чашки в нижнюю. Теперь у нас наполнена только нижняя чашка. На следующий день, если крупная пыль еще не вполне очищена от средней, мы опять наполняем верхнюю чашку в то же время, как накануне, сливая в нее воду после пятиминутного отстаивания. Когда же крупная пыль будет очищена, то мы просто в 12 часов дня взмешиваем [взмучиваем] осадок в верхней чашке и наливаем ее до черты водою. В 6 часов вечера у нас обе чашки будут полны; мы сливаем сначала мутную жидкость из нижней чашки в цилиндр, взмешиваем осадок в ней и сливаем тотчас в нее мутную воду из верхней чашки. Таким образом отмучивание идет без перерыва. Отделение ила из верхней чашки происходит обыкновенно очень скоро; уже после четырех сливаний вода в этой чашке не содержит следов ила, а одну лишь среднюю пыль в осадке, с небольшой примесью мелкой пыли, и мелкую пыль в подвешенном состоянии, спускающуюся облаком, над которым стоит совершенно прозрачная вода. Отделение мелкой пыли от средней тоже кончается довольно быстро; обыкновенно после пяти-семи сливаний над

осадком средней пыли после шестичасового покоя остается совершенно прозрачная вода. Отделение ила идет медленнее; но в редких почвах, в очень жирных каолинах, приходится доводить число отмучиваний его до десяти, считая в том числе и два предварительных сливания. Таким образом, что касается собственно отмучивания, то оно кончается в крайнем случае в 10 дней, а со всеми другими операциями механический анализ по этому способу кончается в среднем в продолжение четырнадцати дней — срок хотя долгий, но все-таки почти равный тому, которого требует для своего производства механический анализ по способу Гильгарда и Шлёзинга, и в два с половиной раза меньший того, который требовался при работе по способу А. А. Фадеева. Но надо прибавить, что этот способ допускает возможность сразу вести 10, даже 20 анализов, в зависимости от размеров лаборатории, и работающий во время производства этих анализов может свободно заниматься другой работой.

Обратимся теперь к самой операции сливания. Оно производится при помощи сифона. Колена этого сифона параллельны между собой, и расстояние между ними равно 6 см. Длина короткого колена, считая от вершины дуги, соединяющей оба колена, равна 16 см; длинное же колено равно 22 см; внутренний просвет его равен 8 мм. На длинное колено надвигается короткая каучуковая трубка, которая зажимается так называемым американским зажимом; каучуковая трубка увеличивает длину этого колена еще на 4 см, так что вся длина его равна 26 см. От нижней части длинного колена отходит тоненькая трубочка с шариком наверху, служащая для натягивания в сифон воды; свободный конец этой трубочки необходимо должен быть закрыт каучуковым колпачком с продольным прорезом на нем, сделанным бритвой; этот клапан дает возможность вытягивать воздух из сифона, но не допускает проникновения воздуха в узенькую трубочку снаружи, почему во время сливания трубочка остается наполненною водой. Если оставить эту трубочку открытой, то во время сливания

воздух из нее будет увлекаться струей воды в сифон, и он будет действовать, как так называемый водоструйный воздушный насос, что сильно задерживает производительность сифона.

Сифон опускается в чашку наполненным водой; чашка находится в наклонном положении благодаря наклонению треугольника, на котором она стоит; короткий конец сифона опускается в жидкость так, чтобы он почти касался передней стенки чашки; тогда даже в очень мутной жидкости можно следить за проникновением ее в сифон и во-время предупредить могущее случиться втягивание осадка. Сифон опускают сразу на $^3/_4$ глубины слоя жидкости и пускают полную струю, но по мере уменьшения толщины сливаемого слоя, когда приходится приближать конец сифона к осадку, силу струи понемногу уменьшают до тех пор, пока слой жидкости в чашке допускает сливание его; тогда зажимают кран совсем, не допуская разрыва струи в сифоне пузырьками воздуха. Таким образом удается сливать жидкость с осадка почти начисто, оставляя в чашке не больше 2—3 куб. см воды. Если сливается жидкость из верхней чашки в нижнюю, то струя пускается в нее прямо. Но если вода, содержащая ил, сливается из нижней чашки в цилиндр, то, благодаря большой высоте, с которой падает струя, может произойти разбрызгивание. Чтобы избежать такой потери, на верхнюю часть цилиндра кладется круглая латунная пластинка, имеющая три отростка, которыми она упирается на края цилиндра; концы этих отростков немного загнуты вниз, чтобы воспрепятствовать соскальзыванию пластинки. Один из этих отростков длиннее других двух, равных по величине, и поэтому середина круглой пластинки не совпадает с осью цилиндра, а расположена вблизи одного края его. Эта пластинка в центре имеет круглое отверстие, в которое вставляется, с помощью пробки, воронка, имеющая 10 см ширины; трубка этой воронки, находящаяся в цилиндре, когда пластинка лежит на нем, загнута так, что струя воды, попадающая через воронку, направляется на стенку цилиндра и по ней стекает на дно,

чем избегается разбрызгивание. Струя сифона направляется в эту воронку.

После окончания сливания сифон оказывается наполненным той жидкостью, которую им сливали. Чтобы очистить его, сначала обмывают короткий конец его из промывалки, держа сифон над той чашкой, куда производилось сливание, или над воронкой, если сливалась мутная вода из нижней чашки; после того опускают короткий конец сифона в предварительно приготовленный стакан с водою, стоящий на полке рядом с чашкой, из которой производится сливание, и смотря по тому, производилось ли сливание из верхней или нижней чашки, направляют длинный конец сифона или в нижнюю чашку, или в описанную воронку и пропускают через сифон струю чистой воды, которая и промоет его, вытеснив находившуюся в нем жидкость.

В тех случаях, когда сразу ведется несколько анализов, рука чрезвычайно утомляется держать сифон. Поэтому лучше иметь небольшой штатив, который ставится около чашки; по стержню этого штатива, снабженному зубчаткой, передвигается обоймица [с] помощью шестерни, приводимой в движение широкой головкой, насаженной на ее оси. В горизонтальном прорезе этой обоймицы нажимным винтом укрепляется стержень, оканчивающийся лапками, сжимаемыми сильной пружиной. В эти лапки захватывается сифон за дугу, соединяющую оба колена его, и на то место дуги, которое схватывается лапками, надевается обрезок каучуковой трубки, чтобы сифон не мог быть раздавлен. Этот штатив позволяет равномерно опускать конец сифона в чашку, не утомляя рук, и благодаря отсутствию сотрясений такое опускание даже лучше, ибо при нем меньше опасности взмутить осадок.

При сливании ила чашка тотчас же наполняется вновь жидкостью; но при сливании из верхней чашки наполнение ее происходит только на следующий день, и при сливании мутной жидкости мы заметим, что осадок образуется также в виде

тонкого слоя и на стенках чашки; при стоянии этой чашки без воды осадок высохнет и будет изъят из действия отмучивания; кроме того, мы сливаем жидкость так плотно, что осадок остается на дне непокрытым; если оставить его в таком виде до следующего дня, он отчасти подсохнет, и частички почвы опять слипнутся. Чтобы избежать этих явлений, как только окончено сливание из верхней чашки, стенки ее обмываются струей воды из промывалки, благодаря чему частички, прилипшие к ним, смываются на дно. Кроме того, в чашку наливается небольшое количество воды так, чтобы осадок на дне ее остался закрытым слоем воды, и уже в таком виде чашку можно оставить стоять до следующего утра.

Мы уже говорили, что в цилиндры, в которые сливается вода, содержащая ил, помещаются две порции такой жидкости. Поэтому, казалось бы, для того, чтобы вместить все количество мутной воды, полученное при определении ила, нужно иметь пять цилиндров для всякого анализа на случай, если почвы попадутся очень иловатые. Но можно во всех случаях ограничиться тремя цилиндрами. Ибо в то время, как наполняется второй, что произойдет через четверо суток после начала анализа, ил в первом в большинстве случаев уже осядет — мы с него можем слить светлую воду и опять собирать новое количество ила в тот же цилиндр. Но при анализе почв черноземных и подзолистых часто бывает, что ил не вполне осаждается после свертывания его даже через 4 суток, поэтому и нужно иметь еще третий запасной цилиндр, и к тому времени, как он будет наполнен, вода в первом цилиндре, стоявшем шесть суток, наверное уже осветлится, и он может быть освобожден.

Мы уже говорили о том, каким образом производится осаждение ила раствором хлористого кальция и сливание осветлившейся жидкости.

После того как мы сольем светлую воду, все количество ила будет находиться в виде осадка на дне двух или иногда трех цилиндров и также в виде приставших к стенкам этих цилиндров

хлопьев. Стенки цилиндров смачиваются возможно малым количеством воды из промывалки, и приставшие к ним хлопья оттираются длинною палочкой с описанным выше веслообразным каучуковым наконечником; оттирание производится движением этого наконечника по направлению спирали, опускающейся по стенкам цилиндра; под конец наклоняют цилиндр и протирают дно его, в противном случае нельзя чисто отмыть струей воды хлопья ила, приставшие плотно ко дну; эти операции производятся настолько быстро, чтобы не дать отделенным по стенкам хлопьям ила вновь высохнуть на них. После окончания оттирания смывают хлопья ила на дно цилиндра и, наклонив последний к себе, смывают хлопья и со свободной части дна. После того, положив цилиндр на левую руку и держа промывалку в правой, выливают содержимое цилиндра в стакан, емкостью около 400—500 куб. см, и смывают немногие оставшиеся в нем хлопья туда же. Смывание ила производится не дестиллированной водой, а очень слабым раствором хлористого кальция, получаемого прибавкой 1—2 куб. см насыщенного раствора на 1000 куб. см воды. Таким образом поступают со всеми тремя цилиндрами, и весь ил, выделенный из почвы, будет сосредоточен в одном стакане. Здесь дают ему отстояться, для чего обыкновенно бывает достаточно 1—2 часов, и бо́льшую часть прозрачной воды сливают сифоном. Оставшийся осадок собирают на фильтр.

При чрезвычайной тонкости частиц ила они, несмотря даже на то, что находятся в свернутом состоянии, чрезвычайно легко проникают через поры бумаги, и нужно очень тщательно выбирать бумагу для фильтров. Осадок так объемист, что в редких почвах можно собрать его на фильтр меньше 15 см в диаметре. Можно собирать осадок ила на невзвешенный фильтр и сжигать его впоследствии, но тогда ил, особенно полученный из чернозема, так плотно пристает к фильтру, что нельзя отделить его начисто от бумаги, и при прокаливании мы вводим ошибку от потери конституционной воды илом; поэтому лучше

производить определение продуктов анализа на взвешенных в абсолютно сухом состоянии фильтрах.

Высушивание фильтров ведется в плотно притертых часовых стеклах с зажимом. Фильтры складываются не более, чем вчетверо. В одной паре часовых стекол нельзя высушивать сразу больше пяти фильтров, ибо, благодаря гигроскопичности их, как бы быстро ни производилась последовательная выемка сухих фильтров из стекол при определении их веса из разности, они, если их в стеклах более пяти, успевают вновь притянуть влагу из воздуха, и в этом случае сумма весов всех отдельных фильтров, плюс вес часовых стекол, не совпадает с найденным раньше весом часовых стекол, взвешенных со всеми сухими фильтрами сразу.

Фильтр укладывается в воронку по обыкновенным правилам количественного анализа, и в него сначала сливают оставшуюся над илом воду возможно чисто, а затем переносят на него и осадок, так же как это делается при химическом анализе. После того как вся жидкость стечет с осадка, его оставляют сохнуть; высыхание идет довольно медленно; если ила много, для приведения его в воздушносухое состояние часто нужно двое суток. При высыхании осадок сжимается в несколько раз. После того как осадок ила высох, его переносят вместе с фильтром в сосуд, в котором производится окончательное высушивание его.

Совершенно такой же обработке подвергаются и оставшиеся в цилиндрических чашках осадки средней и мелкой пыли. Они получаются почти свободными от воды. Стенки чашек также смачивают из промывалки тем же слабым раствором хлористого кальция, который употребляется для вымывания ила; осадок с них также оттирается палочкой с каучуковым наконечником, и они также переносятся в стаканы, но емкостью не более 200 куб. см. Слабый раствор хлористого кальция, в котором эти осадки теперь взмучены, значительно способствует скорости выпадения их в форме хлопьев, как мы уже говорили

ранее. Они. так же как и ил, определяются на взвешенных фильтрах, но для них можно употреблять фильтры меньшего размера, в $12^1/_2$ см в диаметре, и можно ограничиться более дешевыми фильтрами. Вес абсолютно сухих ила, средней и мелкой пыли, умноженный на два, дает процентное содержание их в почве.

При таком определении ил и обе пыли увлекают незначительное количество хлористого кальция, но оно до такой степени мало, что почти не поддается определению и лежит в пределах ошибки анализа.

Получаемые при этом способе механического анализа продукты, как до сих пор показали наши исследования, могут, повидимому, удовлетворить тем требованиям, которые к ним предъявляются. Ил, получаемый таким способом, не содержит в себе примеси кварцевой пыли и потому является продуктом однородным, обладающим одинаковыми физическими свойствами, если не во всех почвах, то, по крайней мере, в известных крупных группах почв; то же касается и его химических свойств; мы уже говорили, что в этом отношении можно также разделить ил на несколько групп в зависимости от почв, из которых он выделен, групп, члены которых обладают, повидимому, близко сходными химическими свойствами.

Частицы мельче 0,01 мм и крупнее 0,0015 мм тоже разделяются легко на две группы, представляющие благодаря большей близости границ, в которых колеблются размеры их частичек, меньшие колебания физических свойств в различных почвах. До сих пор не выяснилась необходимость разделения почвы, при ее механическом анализе, на более мелкие группы механических элементов; но если такие изменения окажутся необходимыми, то стоит только изменить сроки отмучивания, и этот способ может легко быть применен к новым требованиям.



ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ[22]

Ровно сто лет тому назад, осенью 1802 года, возникло первое в Германии высшее сельскохозяйственное учебное заведение.

Сто лет тому назад Альбрехт Тэер, открывая курс сельского хозяйства в этом учебном заведении, указал на громадное значение в жизни сельскохозяйственных культурных растений органического вещества почвы — перегноя; гумуса.

Сто лет тому назад раздался первый сознательный призыв к изучению этого темного вещества, столь обычного, столь неприглядного, и вместе с тем столь мало известного, столь загадочного.

И, может быть, громкое имя ученого, основавшего научное земледелие, может послужить мне некоторым оправданием, если я решаюсь занять ваше благосклонное внимание таким специальным предметом.

Как бы в ответ на призыв [Альбрехта Тэера], через два года появляется первое исследование перегноя —Теодора де-Соссюра.

За ним следует ряд работ крупнейших ученых — Тенара-отца, Шевреля и Мульдера.

Но что могли сделать даже такие силы, когда органическая химия находилась почти в зачаточном состоянии и когда еще и минеральная часть почвы была почти не исследована?

В ожидании, пока окрепнет химия и пока разовьется

физиология растений, агрономическая химия дремала, и только полстолетия спустя оказалась подготовленною почва, пригодная для развития этой науки.

Но за это время требования сельскохозяйственной промышленности достигли такой степени напряженности, накопилось такое количество вопросов, требующих немедленного разрешения, что нет ничего удивительного, если этими именно вопросами и занялась молодая отрасль химии.

А тем временем органическое вещество почвы было почти забыто. Да и можно ли поставить это в упрек исследователям того времени. Раз было доказано, что непосредственной роли в питании и жизни растений органическое вещество почвы не принимает, остыл и интерес к нему, слишком много было других запросов, которыми нетерпеливая практика засыпала научных исследователей.

Сто лет изучалась минеральная часть почвы, и сколько раз за этот промежуток времени казалось, что совсем уже ясны свойства этого сложного тела и выяснены уже те процессы, которые совершаются в ее толщах!

Но всякое новое исследование в области химии почвы, всякая попытка ближе присмотреться к процессам, в ней совершающимся, открывали все новые и новые, все более и более широкие горизонты.

Простой, мертвый по прежним воззрениям, продукт выветривания горных пород обратился постепенно в целый своеобразный мир, населенный мириадами микроскопических живых организмов, мир, в котором нет ничего неподвижного, мертвого, где каждое зернышко трепещет жизнью, в котором все живет своеобразной жизнью, каждый элемент которого ежеминутно изменяется, где самые инертные, самые неподвижные, индиферентные вещества — азот, кремневая кислота, силикаты, железо и алюминий — вовлекаются в общий круговорот веществ, ежеминутно меняют свою форму, постоянно переходят из одной комбинации в другую.

Пришлось выделить учение о почве в отдельную самостоятельную отрасль естественных наук, изучающую почву как самостоятельный организм, имеющий свою историю развития, свою жизнь и свою смерть.

Здесь, с точки зрения этой самой молодой отрасли естественных наук, почва предстала уже как сложнейшая функция двух, в свою очередь, сложных, элементов: материнской породы, из которой произошла почва, и биологических процессов, в ней совершающихся.

Первый из этих элементов — материнская порода, при всей многообразности своих проявлений, уже изучен в значительной степени.

Если природа и бесконечна в своем разнообразии, то уже в этой области разнообразие ее укладывается в известные границы, подчиняется уже группировке — классификации, правда, быть может, еще несовершенной, имеющей еще пробелы, но все-таки представляющей уже стройное научное целое.

Не то — другой элемент, охватывающий собою второй акт генезиса почвы — биологические процессы, под влиянием которых материнская порода стала почвой, той почвой, которая вскормила и вырастила все человечество со всей его современной культурой.

Здесь перед глазами исследователя нет еще ясной, строгой, разработанной до мелочей картины, здесь скорее развертывается набросанный лишь в общих, главных контурах абрис будущей картины, эскиз, туманный, но проникнутый захватывающим обаянием могучего дарования ее творцов — профессора Докучаева и, увы, покойного уже профессора Сибирцева.

Биологические процессы, протекающие в материнской породе, могут, очевидно, быть весьма различными в зависимости от напряженности тепловых условий, при которых они совершаются, количества влаги, доступа воздуха и качественного состава самой породы.

Другими словами, характер жизни в почве зависит от

свойств самой почвы, климатических условий, в которых она залегает, и положения ее.

На дальнем севере и на вершинах высочайших гор, где вечная зима леденит всякое проявление жизни, — там нет и почвы; там — лишь простой, первоначальный, мертвый продукт выветривания горных пород.

Но лишь короткое лето северной тундры растопит мощный снежный покров и хотя бы ненадолго согреет верхний слой материнской породы, тотчас на поверхности ее мы находим и зачатки почвы, правда, представляющей едва измененную материнскую породу.

Чем далее на юг, чем дольше становится период возможности органической жизни, тем с более и более глубокими изменениями материнской породы мы сталкиваемся, тем яснее, тем резче является выраженною почва.

Но по мере удаления на юг мы, кроме постепенно нарастающей напряженности тепловых условий, сталкиваемся с другим явлением, которое становится, в свою очередь, критическим для органической жизни на суше.

Как на севере предел этой жизни кладет мороз, так и на юге действует засуха.

По мере сокращения влажного периода года сокращается и продолжительность возможности органической жизни в материнской породе, и почва все менее и менее отличается от самой материнской породы, и, наконец, в полосе бездождия мы вновь, как и на севере, встречаем на поверхности совершенно неизмененный продукт выветривания горных пород — материнскую породу.

Зато в полосе тропических дождей, где и влага и температура достигают наиболее выгодного распределения для растительного мира и где органическая жизнь достигает наибольшей энергии, мы встречаемся вновь с почвой, но уже с такой, которая до неузнаваемости отличается от своей материнской породы.

Под влиянием различных комбинаций условий жизни и самое направление органической жизни в почве изменяется.

В материнской породе, пропитанной бо́льшую часть года влагой, независимо от того, происходит ли это заполнение ее водой вследствие климатических условий, в которых она залегает, или таковы свойства самой породы, или же оно обусловливается положением ее, все равно, в такой породе устанавливаются условия исключительно анаэробиальной жизни.

Наоборот, раз вследствие каких бы то ни было причин создались условия одновременного присутствия воздуха и умеренного количества воды, — и органическая жизнь почвы приобретает характер аэробиальный.

И, наконец, под пологом густого леса и под толстым слоем мертвого лесного покрова, где соединяются одновременно условия очень обильной влажности со свободным доступом воздуха и некоторыми особенностями самого вещества, служащего местом развития органической жизни почвы, мы попадаем в царство низших грибов.

Три основных типа органической жизни в почве дают начала образованию трех основных групп органических веществ:

1) светло окрашенного перегноя,

2) темно окрашенного перегноя и

3) бесцветного перегноя.

К этим трем основным группам, вероятно, со временем придется присоединить четвертую — смолистого перегноя, возникающего при мало еще исследованных условиях микробиологических процессов подтропических стран.

Органические вещества, возникающие в почве под влиянием микробиологических процессов, в ней совершающихся, и придают ей тот характер и свойства, которые присущи четырем основным почвенным типам: 1) северным дерновым почвам, 2) чернозему, 3) подзолу и 4) латеритам.

Образование и накопление этих групп органических веществ никогда не идет в чистом виде, и это одна из главных

причин малой их изученности — они трудно изолируются, трудно получаются в чистом виде.

И по той же причине мы не встречаем и почв, образовавшихся под исключительным влиянием одной какой-либо группы перегноя.

В самом чистом, типичном черноземе мы совершенно ясно видим следы глубокого изменения материнской породы под влиянием бесцветного перегноя — перегноя лесного, и изучение этого типа почв совершенно ясно развертывает перед нами картину постепенной упорной борьбы степи с лесом, постепенного отступания гигантских представителей этого последнего перед мелкими, но подавляющими своей численностью представителями степи.

Постепенно вытесняемый с юга лес ведет упорную борьбу с сухопутно-болотной растительностью на севере и шаг за шагом завоевывает дерновые почвы.

Характер растительных формаций, развивающихся на поверхности почвы, и направление биологических процессов, совершающихся в недрах ее,—вот два основных фактора, обусловливающих собою характер почвы.

Первые накопляют материал для деятельности вторых, и уже под влиянием образующихся в почве продуктов деятельности агентов второй группы складываются и основные признаки и свойства самой почвы.

Накопление в почвенном слое всех тех веществ, которые необходимы, как питательный материал, для высших растений, объясняется лишь очень односторонне поглотительной способностью цеолитной части почвы, да и существуют ли в почве соединения, подобные цеолитам, — еще вопрос не разрешенный, и присутствие их в этой среде принимается лишь как допущение. А между тем накопление в почве минеральных веществ известного характера весьма просто, ясно и без малейших допущений объясняется микробиологической деятельностью почвы.

Образование в почве веществ, вредных для культурных

растений, уже не подлежит никакому сомнению, как процесс чисто биологического характера, в котором органические вещества почвы принимают не менее деятельное участие, чем в первой группе процессов.

Оздоровление почвы, связанное с разрушением восстановленных соединений железа, серы и фосфора, есть также процесс биологический.

Растворение глины и отложение ее вновь в другой форме и в других слоях есть также следствие двух микробиологических процессов, результатом которых является бесцветный перегной, с одной стороны, и светло окрашенный, с другой.

Растворение и передвижение кремневой кислоты, накопление ее то на поверхности в форме выпота, то в недрах почвы в форме сгустков, есть также результат жизни, протекающей в почве.

Изъятие из обращения огромных количеств почвенного азота, путем связывания его в форме нуклеиноподобных тел, может быть процессом, доступным только живой клетке.

Процесс связывания огромных масс фосфора в недоступной для высшего растения форме сложного минерально-органического вещества — лецитина, обусловливающего очень часто фосфорное голодание растений на черноземных и торфяных почвах, непостижим без участия живой организованной материи.

Так же мало понятно без участия организмов и отложение в почве железа под влиянием смолистого перегноя или в связи со светло окрашенным перегноем.

Наконец, самое близкое, иногда доходящее почти до тождественности, сходство перегнойных веществ с белковыми, невозможность их выделения и изоляции до тех пор, пока почва не «убита», не указывает ли и это на огромное распространение жизни в почве, той жизни, на которую уже прозрачно намекал, так рано сошедший в могилу, профессор П. А. Костычев?

Весь химизм почвы есть не более как функция органического вещества ее и притом вещества, частью мертвого, частью оживленного самой деятельной напряженной жизнью, и в материнской породе, в продуктах выветривания горных пород, мы не встречаем того деятельного беспрерывно идущего химизма лишь оттого, что эта порода мертва. Внесите в нее органическое вещество — внесите в нее жизнь, и очень быстро мертвая материнская порода обратится в живой комплекс, связывающий минеральную природу с органической, мертвую с живой, — она обратится в почву.

Не тому же ли учит нас и повседневная практика земледелия?

Чем мы задаемся при обработке почвы? Не для того ли мы заботимся о поддержании в ней постоянного запаса воды и притока воздуха, чтобы помимо обеспечения ими жизни культурного растения всегда иметь в наличности условия желательного направления микроорганической жизни почвы?

И когда неумелая обработка распылит строение почвы, когда запаса воды в ней нехватает даже для обеспечения самого малого урожая, когда жизнь в ней замрет, не находя необходимых для себя условий, не вносим ли мы в нее органическое вещество — навоз?

Не подлежит никакому сомнению, что не для того мы вносим две-три тысячи пудов навоза на десятину, чтобы удобрить ее теми тридцатью-сорока пудами минеральных солей, которые заключаются в этом навозе, — такая операция была бы слишком невыгодна, слишком наивна.

Нет, мы вносим навоз только для того, чтобы вновь оживить в мертвой почве те биологические процессы, которые угасли вследствие несовершенной, не отвечающей цели обработки и без которых в ней замирает всякое движение вещества.

Поэтому даже в странах с наиболее выгодными условиями сельского хозяйства, где покупные удобрения доступны и окупаются, и там еще не находят возможности вычеркнуть навоз

из списка средств, служащих для поддержания и возобновления плодородия почвы.

Только поэтому в нашем русском Ротамстеде, в имении «Моховое» Ивана Иосифовича Шатилова, обработка почвы, благодаря своей обдуманности и целесообразности, исключает необходимость внесения в почву навоза.

Благодаря тому, что в почве «Мохового» условия, необходимые для поддержания в ней напряженности биологических процессов на известной высоте, всегда создаются и обновляются обработкой, благодаря почти полному отсутствию архаической бороны — орудия доисторического периода земледелия, строение почвы доведено в нем до такой степени совершенства, что навоз, внесение которого при иных условиях обработки окупалось, теперь уже является излишним. И это не опыт на небольшом клочке, а уже вошедшая в жизнь система, практикуемая на тысячах десятин и в течение нескольких лет.

А разве в архиве природы, на геологических напластованиях земли, не занесена деятельность органического вещества почвы настолько выпуклыми чертами, что следы этой деятельности не могли быть стерты даже геологическими периодами?

Чем, как не микробиологической деятельностью почвы, можем объяснить мы скопление фосфорной кислоты в форме фосфоритов и копролитов?

А огромные залежи железных руд, сопровождаемых фосфором, чем они объясняются так же просто и легко, как не деятельностью почвенного перегноя, и разве по сейчас не идет их образование?

В жизни почвы мы являемся свидетелями целого ряда совершающихся на наших глазах геологических процессов.

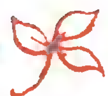
Замрет, прекратится эта жизнь, и бывшая почва становится объектом изучения геологии.

И как почвоведение пользуется услугами геологии, так со временем и геология не будет в состоянии обойтись без услуг своей родственной науки.

Такова широкая роль и значение того скромного темного вещества, которое всеми нами попирается ногами и которое до сих пор, далеко не по заслугам, еще не изучено в достаточной мере.

Прошло сто лет, и мы, к сожалению, не можем сказать ничего нового, как только повторить слова Альбрехта Тэера: необходимо изучить перегной, необходимо разгадать эту темную загадку, ибо, прибавлю я, до тех пор, пока мы не разгадаем ее, мы будем рабами этого вещества, и земледелие не будет в состоянии сказать что-либо новое.

И почвоведение до тех пор не выйдет из состояния талантливо написанной схемы будущей картины, пока *химия почвы* не станет *физиологией почвы*.



ВВЕДЕНИЕ К КНИГЕ «ЛЕКЦИИ ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ» [23]

Из всех промыслов, которыми когда-либо занималось человечество, самым старым, бесспорно, является сельское хозяйство.

Оно обеспечивает самые насущные нужды человечества и зародилось тогда, когда еще полудикий кочевник поставлен был горькой нуждою в необходимость урегулировать количество продуктов, доставляемых ему землею и животными.

Оно выросло и развилось вместе с человечеством, и его развитие обусловливает и вместе с тем измеряет развитие народов.

С развитием этих последних, с расширением и увеличением числа потребностей народов, развились, увеличились в числе и окрепли и различные отрасли сельского хозяйства: земледелие, лесоводство, садоводство, огородничество, скотоводство и технические сельскохозяйственные производства.

Среди всех этих отраслей сельского хозяйства главное место принадлежит земледелию, потому что оно производит предметы безусловно первой необходимости, предметы незаменимые. Оно производит главную пищу народных масс, тогда как продукты других производств или являются, в большей или меньшей степени, предметами роскоши, или же могут быть заменены продуктами других производств.

Земледелие, как промышленность, стоит в резко отличных условиях от всех других отраслей промышленности, условиях, определяющихся тем, что средствами этой промышленности

являются живые организмы — растения и элементарная производительная сила — энергия солнечного луча. Солнце — ее двигатель, и только солнце может положить предел ее развитию.

Но и скотоводство пользуется живым организмом для достижения своих целей, и такие отрасли сельского хозяйства, как пивоварение и винокурение, также пользуются живою дрожжевой клеточкой для получения своих продуктов. В чем же их отличие от земледелия?

Скотоводство и другие сельскохозяйственные технические промыслы при создании своих продуктов пользуются уже готовым материалом, приготовленным для них земледелием, и без посредства последнего существовать не могут; они не способны создавать новое вещество, комбинируя в сложнейшие сочетания простые соединения и элементы, рассеянные в неорганической природе; они требуют готового органического вещества для того, чтобы быть в состоянии преобразовать его в другие формы, в другие органические вещества.

Земледелие же само из простых неорганических соединений создает новое сложное органическое вещество, и для создания этого вещества оно пользуется стихийными элементами природы — энергией светового и теплового луча и такими простыми веществами, как кислород, азот, угольная кислота, вода и простые минеральные соли.

Земледелие творит органическое вещество, скотоводство и другие технические промыслы лишь преобразовывают его.

Если делить все виды промышленности на добывающие и обрабатывающие, то земледелие является промышленностью созидающей.

То время, когда земледелие стремилось только к обеспечению жизни тех людей, которые им занимались, доставлением им пищевых продуктов, уже прошло.

Теперь земледелие составляет экономическое производство; оно является промышленностью, продукты которой составляют

предметы купли и продажи, имеющие определенную стоимость на мировом рынке, который, определяя их ценность, определяет вместе с тем и те качества, которыми они должны отличаться.

В зависимости от этого и *цель земледелия сводится теперь к получению с данного участка земли наибольшего количества продуктов определенного качества и при наименьших затратах труда и капитала.*

Но при настоящем промышленном характере земледелия первоначальные продукты его не всегда могут служить для извлечения из них дохода. Это происходит или оттого, что продукты эти не имеют тех качеств, которые от них требуются на месте их спроса, или потому, что вещества, ради которых они ценятся, обладают в них слишком малой концентрацией, или, наконец, потому, что стоимость доставки их до места спроса или потребления, вследствие отдаленности его от места производства, не может быть покрыта продажной ценой продукта.

Все это заставляет или придавать продуктам земледелия требуемые на месте спроса или вообще потребителями качества, или придавать веществу, определяющему ценность продукта, более концентрированную форму, или, наконец, преобразовать продукт малоценный в другой, стоимость которого могла бы окупить стоимость перевозки до места его потребления.

Некоторые более простые виды изменения первоначальных продуктов земледелия тесно слились с ним в одно неразрывное целое, как, например, очистка, сортировка и отделка зерна, отделка волокна прядильных растений и т. п.

Другие виды изменения продуктов земледелия по своей сложности составляют предметы особых производств; к таким принадлежит, например, выделение клейковины из зерен, выделение крахмала из зерен и клубней, добывание сахара из корней сахарной свеклы и получение масла из масличных семян.

Такой же характер имеет и переработка продуктов земле-

делия в другие, более ценные, как, например, переработка зерна в пиво, переработка крахмала и сахаристых веществ в спирт. Эти производства носят название сельскохозяйственных технических производств не только потому, что они получают свои сырые продукты от сельского хозяйства, но и потому, что, отделенные от него, они были бы поставлены в крайне затруднительное положение вследствие скопления огромных количеств отбросов и побочных продуктов, которые с выгодой могут быть использованы только в сельском хозяйстве.

Этими типичными признаками сельскохозяйственного технического производства обладает в высшей степени скотоводство. Оно дает возможность земледелию с выгодой преобразовать такие малоценные продукты, как солома и иногда сено, в ценные продукты — мясо, шерсть, молоко, масло и т. д.

Я уже сказал, что земледелие для достижения своих целей пользуется жизнедеятельностью живых организмов — растений, которые, в отличие от других, не играющих роли в земледелии, носят название «культурных растений».

Изучение свойств культурных растений, их требований и отношений к окружающей среде, изучение этой среды и способов создания в ней условий, необходимых для желаемого (нормального или патологического) развития этих растений, изучение способов придания известных качеств продуктам растительной жизни и, наконец, изучение этих качеств — составляет предмет земледелия, как науки.

Научное земледелие, или сельскохозяйственное растениеводство, есть наука прикладная; главным объектом изучения ее является растение, и она относится к физиологии растений совершенно так же, как химическая технология к теоретической химии.

В зависимости от того, относится ли подобное изучение ко всем культурным растениям вообще или же к каждому виду культурных растений в отдельности, и земледелие разделяется на «общее земледелие», или «общее сельскохозяйственное ра-

стениеводство», и на «частное земледелие», или «частное сельскохозяйственное растениеводство».

Мне предстоит изложить вам курс общего земледелия. Изложение этого курса займет два года, и в настоящем академическом году мы займемся той частью общего земледелия, которую принято называть «почвоведением». Почву можно изучать, как всякое другое естественно-историческое тело, без отношения к каким бы то ни было нуждам человечества, и такое изучение почвы составляет предмет «*педологии*». Но мы будем изучать почву в ее отношениях к культурным растениям, с так называемой *агрологической* точки зрения. Ясно, что для подобного изучения нужно прежде всего познакомиться с теми требованиями, которые предъявляет растение к почве; а так как почва, как мы увидим впоследствии, является посредником между растением и факторами жизни его — светом, теплотой, питательными веществами и водой, а эти последние почти целиком вносятся в почву извне — из атмосферы, то для того, чтобы в изучении почвоведения сразу стать на настоящую агрологическую точку зрения, мы должны предпослать изучению почвы знакомство с требованиями растений по отношению к факторам их жизни, мы должны рассмотреть растение и атмосферу с точки зрения общего земледелия.

Таким образом намечаются главные части первой половины общего земледелия, которую принято называть почвоведением,—это:

1) общее растениеводство в тесном смысле слова,
2) сельскохозяйственная метеорология,
3) собственно почвоведение.

Вторая половина общего земледелия — общая культура и общее земледелие в тесном смысле слова — распадается, в свою очередь, на:

1) учение о мелиорациях или коренных улучшениях почвы,
2) учение об обработке почвы,
3) учение об удобрении почвы,

4) общую культуру в тесном смысле слова и

5) сельскохозяйственное машиноведение.

Таков огромный объем нашего предмета!

Если мы бросим беглый взгляд на развитие земледелия, как науки, рядом с его развитием, как промысла, и рядом с успехами других наук, мы увидим, что все развитие земледельческой науки шло в виде постоянных колебаний от одного более или менее одностороннего увлечения к другому до самого последнего времени, и из этого рассмотрения нам, может быть, удастся подметить тот истинный путь, которым должно следовать научное земледелие.

Как первичный промысел, земледелие немногим моложе человечества, и, совершенствуясь и развиваясь в продолжение тысячелетий, оно достигло сравнительно значительной степени совершенства к тому времени, когда наука вообще едва-едва находилась в зародыше. Чрезвычайная сложность явлений, играющих роль в земледелии, обусловила собою то, что последнее очень долгое время должно было развиваться путем чисто эмпирическим.

Рецепты, по большей части случайные и горьким опытом выработанные, передавались от отцов к детям, из поколения в поколение. Перечисление таких рецептов и составляет зачатки земледельческой науки, и первые попытки к систематическому их сопоставлению относятся к IV веку до н. э.[24] и принадлежат греческому писателю Теофрасту [Феофрасту].

В древнем мире земледельческая наука не идет далее таких попыток, и Катон и Виргилий дают нам другие образцы таких сводок опытных знаний — рецептов.

Падение Римской империи, увлекая все силы, все стремления, все страсти народов в одном направлении, положило предел даже и таким скудным попыткам к научному сопоставлению земледельческих знаний, и такое безотрадное состояние полного застоя в земледельческой науке продолжается вплоть до начала X века.

Лишь с этого времени начинаются опять робкие попытки к обсуждению земледельческих вопросов в итальянской периодической литературе. Это движение понемногу захватывает и соседние страны и в скором времени, побуждаемое ненасытной потребностью к объяснению явлений, с которыми приходится так близко сталкиваться, и не сдерживаемое отставшими в развитии точными науками, прогрессивно увеличивается в скорости и охватывает всю Европу вихрем порождений самой необузданной фантазии.

В начале XVI века[25] выступает Бернард Паллиси [Бернар Палисси] со своей теорией соляного питания растений и, таким образом, далеко опережает свой век.

В начале XVII века[26] Бэкон Веруламский уверяет, что растения питаются поваренной солью и золой и что душу их составляет селитра. Вслед за этим,[27] основываясь на распространенной тогда в Голландии водной культуре гиацинтов и тюльпанов, Ван-Гельмонт обнародовал и защищал свою теорию питания растений водою. Позднее он изменяет свой взгляд или, вернее, дополняет его, предполагая, что растение под влиянием жизненной силы перерабатывает воспринятую им воду в землистое вещество, которым и питается и которое остается после смерти и разрушения растения. К этой теории, известной под названием «теории витализма», присоединяются и защищают ее Бойль и позднее, в начале XVIII столетия, Эллер, Боне, Дюгамель и Валериус, и она кладет собою начало быстрой смене самых фантастических измышлений, едва заслуживающих названия теории.

Под влиянием результатов пропашной рядовой культуры Иетро-Тул, впервые применивший ее в Англии в начале XVIII века и пораженный блестящими результатами междурядной обработки на тяжелой почве Англии, измышляет теорию земляного питания растений, по которой почва тем легче поглощается растением и тем легче переваривается им, чем лучше она измельчена междурядной обработкой.

В 1733 году эта теория сменяется предположением Амвросия Цейгера, по которому растение питается «растительным маслом», находящимся в почве, и он даже дает подробный рецепт того, как из селитры получить это «растительное масло» (Oleum vegetabile) для увеличения естественного плодородия почвы. Этой теории недолго суждено было существовать, и она в 1757 году сменяется теорией профессора Гома в Эдинбурге, по которой растение питается огнем, ибо при сожигании оно вновь освобождает эту стихию, а в 1769 году Мюнхгаузен выступает с своей паровой теорией питания растения. По этой теории питательным веществом почвы и навоза считается пар, состоящий из масла, поваренной соли и частичек почвы. Конец этой безобразной фантасмагории кладет в 1761 году появление первого учебника агрономической химии, принадлежащего шведскому ученому Валериусу. В этом учебнике он характеризует культурное растение, как органическое существо, обладающее способностью, зависящей от тепла и влажности, извлекать из места своего произрастания питательные вещества органического и минерального происхождения, и делит все питательные вещества на воздушные, минеральные, животные и смешанные. Вместе с тем он указывает на экспериментальный путь, как на единственный правильный при решении вопросов научного земледелия.

Перед этим слабым проблеском истинной науки остановились в своем дальнейшем развитии предыдущие теории; но скромные выводы этого ученого, опирающиеся на строго научное основание, были слишком бледны по сравнению с предыдущими яркими фантастическими картинами; они не могли окончательно сломить их, и некоторое время продолжается какое-то неопределенное колебательное состояние, которое разрешается целой бурей блестящих открытий, поглотивших все предыдущие теории и обессмертивших имена Боне, Ингенгуза, Кирвана, Сенебье, Пристлея, Соссюра, Лавуазье и Гей-Люсака. Начинается эпоха блестящего развития физиоло-

гии растений, химии и физики, и земледельческая наука забывается.

В то время как земледельческая наука, бродя в непроницаемой тьме, конвульсивными движениями разыскивала правильный путь, земледельческая практика шла своей дорогой, проложенной веками, и ни одна из промелькнувших теорий не оставила в ней никакого следа.

Почти та же участь постигла и позднейшие теории.

Недостаточно сплотившиеся выводы индуктивной науки не могли еще с корнем вырвать веками вкоренившуюся привычку к дедуктивному мышлению, и резким примером этой борьбы двух этих методов является гумусовая теория питания растений, принадлежащая Альбрехту Тэеру. Построенная на ряде данных, добытых индуктивным путем, она не в силах была отрешиться вполне от предвзятого мнения, не в состоянии была разобраться в хаотическом беспорядке столетиями накопившихся предрассудков и ринулась в крайность, отрицая значение минеральных составных частей растения в деле питания их и указывая на перегной — гумус, как на пищу растений. Около того же времени (1800 г.) вопрос о значении зольных составных частей растений, поставленный Берлинской академией наук, вызывает целый ряд самых противоположных мнений, из которых многим суждено было возродиться вновь в образе назревавшей уже с этих пор минеральной теории.

Когда буря, вызванная этим вопросом, несколько утихла, выступает теория азотистого питания растений, обязанная своим происхождением трудам Е. Вольфа, Штекгарда, Буссенго и Шпренгеля, и, как противовес этой теории, тотчас опять поднимаются отдельные голоса в пользу минерального питания растений.

Круто изменившиеся в конце прошлого и в начале нынешнего столетия экономические условия европейского хозяйства застают земледельческую практику врасплох. Старинное рутинное хозяйство было смертельно поражено; покойный беспечный

темп, которым оно до сих пор двигалось, должен был измениться. Практика обращается за помощью к науке, и в последней, еще менее подготовленной к этому запросу, отражается то же лихорадочное искание выхода из тяжелого положения. Не окрепшая наука не может охватить сложного вопроса, который ставит ей жизнь сразу со всех сторон; она разбирает отдельные его части, в торопливых порывах часто принимает следствие за причину и, разрабатывая отдельные части вопроса, ищет в решении этих частей ответ на вопрос во всей его сложности.

И вот, как раз в то время, когда панический ужас перед надвигающимся бедствием, перед кошмаром голода, достигнув своего апогея, охватывает всю Европу, — появляется первое издание труда Юстуса Либиха, «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений», и вооружается против всех существовавших до сих пор теорий; в том же году Геттингенский университет предлагает [ставит] вопрос о необходимости зольных составных частей для растения.

Блестящее разрешение этого вопроса Вигманом и Польсторфом, крупные заслуги Либиха в химии, его популярность и горячая блестящая пропаганда им самим своих идей, вместе с влиянием господствующей паники, завоевывают ему единодержавие в науке и в практике; его идеи затемняют собою все предшествующее. Вопрос решен. Древний мир погиб оттого, что выбросил всю фосфорную кислоту и весь калий своей почвы в море. Наше земледелие спасено. Стоит только возвратить в почву в более дешевой форме то, что из нее берется, и хозяин может опять спокойно наслаждаться жизнью. Анализы растений должны показать, что им нужно, а анализы почвы покажут, что [чего] в ней нехватает. Решение вопроса просто.

И вот анализы следуют за анализами сотнями, тысячами; анализируется почва, анализируется удобрение, анализируются животные и части животных, анализируются растения и части растений и все для того, чтобы узнать, что берется из почвы и что ей надо отдать.

Но природа неумолима. Миллионы были зарыты в землю, а она продолжала давать все те же скудные урожаи, и призрак голода опять повеял над Европой...

Минеральная теория, строго говоря, принадлежит Либиху; еще до него отдельные ученые выражали правильное мнение о значении минеральных составных частей растений. Де-Соссюр, Гумфри Дэви, Шпренгель и Буссенго ясно понимали значение золы для растений, но их учение не проникло в массу. Эта роль популяризатора научных выводов досталась на долю Либиха, и насколько он стоял на высоте своего призвания, видно из того, что его учение проникло во все уголки Европы и его книга в короткое время выдержала более десяти изданий и создала целые томы полемической литературы.

Но увлечение минеральной теорией продолжалось недолго, и, строго говоря, наука и не увлекалась ею так сильно, как практика, и в то время, как популярность теории полного возврата достигла своего максимума, Буссенго выражает мнение, что одна химия не может обнять всего земледелия, и указываст первый на роль физики в этом деле:

«Простое отмучивание, — говорит он, — указывающее на отношение песка и глины в почве, дает нам для суждения о качестве ее больше, чем самый детальный химический анализ».

Под тяжелым прикосновением научной критики померкли многие блестящие грани теории полного возврата, и сам Либих отказался от многих своих слишком поспешных выводов, которые, однако, не могли быть иными, если принять во внимание тогдашнее состояние науки.

Когда наступил период реакции, когда минеральная теория обманула надежды, слишком смело на нее возлагаемые [возлагавшиеся], был уже готов и новый путь для увлечений, и на этот раз путь раздвоился. Растение было заброшено, и началось изучение почвы — почвы со стороны геологической и почвы со стороны физической.

Появляются труды Шюблера, Гаспарена и Шумахера.

Выступают со своими работами Гребе, Котта, Жирард, Бенигсен-Фердер, Зенфт и Фаллу. Минеральная теория кончила свою роль. Она показала путь, которым должна следовать земледельческая наука, и вместе с тем своим примером она предостерегла от слишком резких увлечений; но это предостережение не скоро вошло в полную силу, и до сих пор не прошла еще пора конвульсивных размахов от одной крайности к другой.

Во время этого вторичного наплыва новых веяний, новых открытий в земледельческой науке практика, обманутая в своих надеждах, отшатнулась от нее. Привыкши в продолжение тысячелетий работать по готовым рецептам, передавая их из поколения в поколение, практика требовала от науки таких же рецептов взамен старых, начинавших уже изменять ей. Наука не могла дать их, и попытки, которые она делала в этом направлении, не могли не окончиться неуспехом.

И тут-то, как бы в виде протеста против бессильной науки, начинается еще новое направление в земледельческой литературе, начинается обсуждение научных вопросов со стороны практики и для практики. Потеряв веру в так жестоко обманувшую ее науку, практика призывает на помощь самое себя.

Появляется ряд сочинений, с непостижимой смелостью трактующих о предметах научного земледелия. Пародия на науку следует за пародией. Старые, как мир, советы, даваемые [дававшиеся] еще Катоном и Виргилием, вновь выплывают наружу, облеченные в ложнонаучную оболочку. Появляется целый ряд периодических изданий — календарей, стремящихся заменить собою отсутствие серьезных руководств для практиков и стремящихся из человека без всякой естественно-научной подготовки образовать серьезного сельского хозяина, восполняя пробелы его образования кучами рецептов, и старающихся втиснуть широкое течение сельскохозяйственной жизни в тесные рамки расписания поденного, помесячного и годичного. Самые поверхностные наблюдения, чаще всего неточные и дополненные фантазией наблюдателя, обобщаются и возводятся

на высоту научных теорий, наблюдение узких явлений ставится наряду с великими открытиями. Простая палка возводится на степень универсального научного инструмента, которым лучше всех точных химико-физических методов определяется и годность почвы для культуры и пригодность зерна для посева. Один рекомендует судить о времени посева по глубине погружения каблука в почву, другой судит о том же по фазисам луны, наконец, третий употребляет для этого все ту же палку.

Выплывает неуловимое, неопределимое понятие о спелости почвы, которая должна спасти хозяина от экономической грозы и которая, как кошмар, преследует его всюду: и при вспашке, и при посеве, при уборке и при удобрении и т. д. и т. д.

Самым ярким представителем таких пародий на земледельческую науку является сочинение Розенберга-Липинского «Der Praktische Ackerbau». *

В продолжение этого периода кощунства в практике наука продолжает свое дело, она понемногу овладевает громадной сложностью своей задачи, понемногу проникает все глубже и глубже в законы природы и научается, зная эти законы, царствовать над природой.

Вновь выплывает почти забытое сочинение Тюнена, и наука ставит новый девиз для практики. Она снимает клеймо хищничества, наложенное рукою Либиха, с современного хозяйства и вновь начинает собирать разрозненную практику под новое знамя — *рентабельности приемов.*

Сельское хозяйство не филантропия. Вопрос об удобрении есть вопрос экономический, и пусть экономия и решает его; где он сам не напрашивается, технике нечего и поднимать его. Явление земледельческой науки следует рассматривать не с точ-

---

* [«Практическое земледелие».— *Ред.*]. Я здесь говорю про немецкий подлинник, ибо русскому переводу его придан настолько научный характер, что он более заслуживает названия самостоятельного научного трактата, чем перевода.

ки зрения химии или физики, или физиологии растений, а с точки зрения земледельческой науки.

Но эти еще не смелые заявления не получали долго права гражданства; практика с понятным недоверием относится к попыткам науки к новому сближению, и в науке еще не вполне отрешились от старого.

Постоянное стремление свести и объяснить в высшей степени сложное явление единичными причинами до сих пор еще прорывается из-под оков точной науки. Ни один лагерь ученых не хочет признать себя побежденным. Последователи старой химической школы стараются все явления земледелия свести на химические отношения растения к почве. Последователи более новой физической школы, игнорируя другие стороны вопроса, силятся все объяснить физическими свойствами почвы и их отношениями к растению.

Несостоятельность как одного химического, так и одного физического направления заставила многих ученых искать выхода из этого неопределенного положения снова в области геологического исследования почв, и это стремление получило особенно резкое выражение в Пруссии и у нас в России. Но, затрагивая вопрос лишь с очень узкой стороны, эти исследования, несмотря на их значение для геологии и глубокий общенаучный интерес, не могли оправдать надежд, возлагаемых на них со стороны земледельческой практики, и огромные томы этих работ, несмотря на их молодость, уже сдаются в архив.

Из этого краткого очерка мы видим, что земледельческая наука постоянно в своем развитии бросалась из одной крайности к другой, и чем размахи этих колебаний были больше, тем труднее было ей остановиться на середине между крайностями, и она разрабатывала лишь части вопроса, не будучи в состоянии охватить его вполне.

Да и могло ли быть иначе?

Занимаясь рядом наиболее сложных явлений, захватывая,

с одной стороны, жизнь и развитие растений и, с другой стороны, глубоко внедряясь в область экономических явлений и явлений жизни народов, земледелие давало слишком большой простор для умозаключений, благодаря незначительности точных положений, которыми оно обладало, и благодаря трудности их добывания. Пока физиология растений, химия, физика, геология и экономия не развились до той степени, в которой мы их знаем [которая характеризует их] в настоящее время, земледелие и не могло представлять ничего иного, как ряд отрывочных выводов, едва связанных насильственными узами.

Лишь в 1873 году появляется первый научный журнал, который отводит на своих страницах одинаковый простор как растению, так и почве, так и воздушной среде.

С большим трудом просуществовал этот журнал, обязанный своим нарождением проф. Эвальду Вольни в Мюнхене, свои первые годы, и лишь в последнее время он начинает приобретать все большее и большее право существования в научной литературе, и с каждым годом число читающих его и число сотрудников его увеличивается. Тяжелым, почти единоличным трудом его издателя достигнута эта победа.

И практика начинает в последнее время уже с меньшим недоверием относиться к выводам науки, которая теперь при всяком столкновении с ней постоянно напоминает ей тот девиз, которого она должна держаться: *рентабельность есть единственный критерий для суждения о применимости каждого отдельного приема, выработанного наукой, в каждом отдельном случае.*

С другой стороны, и наука, наученная своим прошлым, изменила свой прежний лихорадочный темп на более плавное течение. Увлечение и односторонность все более отодвигаются, и наука старается охватить свой предмет со всех сторон.

Научное земледелие есть применение естественных и экономических наук к разъяснению явлений земледелия, как производства.

Нет другой области, где эти две ветви науки переплетались бы так тесно и до такой степени спутывались, что истинная причина явления оказывается часто вполне замаскированной, благодаря интерференции многочисленных условий, при которых совершается явление. Лишь в самое недавнее время, благодаря работам П. Вагнера, Вольни, Габерландта, Грандо и А. Майера, мы начинаем понемногу разбираться в причинах земледельческих явлений и, наконец, начинаем отличать причины технические от причин экономических, и благодетельные следствия этих работ уже начинают сказываться и в практике.

Уже многим становится ясно, что рецептов в земледелии давать нельзя и что образ действия в каждом отдельном случае и для каждого отдельного места должен быть выработан на основании научных данных и в зависимости от той комбинации *всех* многочисленных условий, при которых происходит явление и изучение которых должно необходимо предшествовать всей работе.

Жизнь культурного растения — вот предмет земледелия, как науки.

Растение является аппаратом синтеза. Лишь через его посредство образуется органическое вещество, и отсюда до очевидности вытекает, что для проявления своей творческой деятельности растение нуждается в веществе и силе.

Земледелие имеет задачей направить эту творческую силу в известном направлении для достижения целей, которые ставятся органической жизнью человека и экономической жизнью народов. И чтобы успешно выполнить свою роль, земледелие должно изучить как самое растение, так и те вещества и силы, которые составляют тот материал, над которым работает растение, и их взаимные отношения.

Эти вещества и силы или, иначе говоря, эти факторы произрастания растений суть питательные вещества, вода, свет и тепло.

Взаимодействие между растением и факторами его жизни

находит себе в природе выражение в отношениях его к почве и климату, и частное исследование этих отношений составляет предмет двух частей земледелия — почвоведения и сельскохозяйственной метеорологии, тогда как изучение способов создания благоприятных условий для развития растений составляет предмет общей культуры и учения об удобрениях. Но без подробного знакомства с общими, важными в земледелии, свойствами растений, без знакомства с факторами жизни этих растений все эти отделы являются разрозненными, не связанными между собою общей идеей, и представляют сухой перечень ряда фактов, сгруппированных в научной последовательности.

Изучение свойств культурных растений и факторов их жизни, составляя предмет земледелия, входит также в область физиологии растений, но в изучении [этих свойств и факторов] той и другой наукой лежит коренная разница.

Тогда как физиология растений интересуется и изучает лишь качественные отношения между растением и факторами его жизни, земледелие на первый план выдвигает количественные отношения между теми и другими.



ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

I[28]

В природных условиях переход от подзолообразовательного процесса к дерновому совершается в высокой степени постепенно и незаметно, путем накопления последствий таких процессов, которые влияют на среду, в которой развиваются растительные сообщества, также медленно и результаты воздействия которых представляются на первый взгляд малозначащими. Таков общий характер влияния всех геологических моментов. Но нам часто приходится быть свидетелями смены растительного покрова, совершающейся под влиянием деятельности человека в короткие промежутки времени. Такого рода быстрые смены могут чаще всего вносить значительные затруднения в изучение этих признаков, так как в развивающийся медленным темпом природный процесс, достигший уже известной стадии развития, сразу врывается новый комплекс влияний, под воздействием которых получается чрезвычайно сложная картина взаимной интерференции влияний обоих комплексов причин, требующая большой осторожности в интерпретации ее результатов. К такого рода случаям относится наичаще встречающееся влияние быстрого сведения леса рубкой его или корчевкой, часто еще более усложненное результатом пастьбы скота на лесосеках при промежуточном сельскохозяйственном использовании их. В более частой форме эти процессы приходится наблюдать, а иногда и изучать, при искусственных сооружениях, связанных с более или менее глубоким

обнажением больших площадей от природного почвенного покрова и с насыпкой его на других площадях, как это имеет место при железнодорожных и гидротехнических сооружениях, при обширных планировочных работах, а также при обвалах, оползнях и наносах песчаных пород водой и ветром. Но во всех этих наблюдениях слишком большую роль играет счастливый случай, и лишь в крайне исключительных условиях может быть речь о систематичности исследования. Поэтому единственным надежным методом исследования явлений такого порядка является метод лизиметрического исследования их. Нужно, однако, иметь в виду, что этот метод обладает и многими неудобствами. Прежде всего, самое сооружение лизиметров представляет далеко не простую задачу, так как каждый лизиметр должен обладать поверхностью не менее четырех квадратных метров и, как минимум, одним метром в глубину. Стенки лизиметров должны быть непроницаемы и не должны отдавать чего бы то ни было содержащейся в них почве или растущим на ней растениям. Каждый лизиметр должен давать возможность строго контролировать количество попадающей в него атмосферной воды и количество вытекающей из него лизиметрической воды, собирание и учет количества которой должны быть обставлены с возможной простотой. Благодаря всем этим требованиям даже небольшая батарея в десять лизиметров представляет уже довольно серьезное сооружение, стоящее больших средств. Еще бо̀льших затрат внимания и труда, а часто и средств, стоит выбор соответствующих почв или отдельных их горизонтов, или рухляковых пород, которыми наполняются лизиметры, определение их веса, выравнивание их свойств и придание им однородности залегания; достаточно сказать, что приходится иметь дело с десятками тысяч килограммов почвы и часто привозить, из-за сотен или тысяч километров. Не меньшего внимания требует наблюдение за чистотой лизиметров в смысле появления на них многих сорных растений, семена которых постоянно наносятся ветром. Но самым трудным

делом при учете лизиметрических данных представляется учет количества веществ, увлекаемых из почвы водой в форме растворимых и взмученных в воде соединений, как минеральных, так и органических. Здесь также достаточно указать на то, что приходится иметь дело с миллионами и десятками миллионов кубических сантиметров жидкости, количество которой не равномерно распределено на пространстве целого года, а скачком возрастает до громадных количеств в период весеннего таяния снега, после ливней и каждого понижения барометрического давления. Все это количество воды, чрезвычайно легко подвергающейся изменениям и разложению содержащихся в ней органических соединений, должно быть немедленно количественно профильтровано через бактериальные фильтры — свечи, причем должна быть обеспечена уверенность в том, что свеча фильтра и все его вспомогательные части не отдают воде ничего и не поглощают из нее чего-нибудь; требуется мощная батарея фильтров, работающих под давлением полной атмосферы и допускающих количественную промывку их. Фильтры должны также давать возможность количественного собирания и учета тончайших взмученных веществ, уносимых в некоторых случаях водой из почвы или породы. За операцией фильтрации следует операция количественного выпаривания всей массы воды, которое может вестись только на паровых банях и которое должно быть закончено возможно быстрее, иначе последует разложение жидкости.

Уже одни перечисленные операции требуют чрезвычайно мощной лаборатории и высокой добросовестности, в высшем смысле этого слова, персонала, и я не могу не воспользоваться случаем, чтобы выразить мою глубочайшую признательность и мое глубокое уважение перед выдержкой и самоотверженностью моих ближайших сотрудников в моей многолетней работе по лизиметрическому исследованию почвообразовательного процесса в лаборатории почвоведения Петровской сельскохозяйственной академии — ассистентов Ксении Ильи-

ничны Голенкиной и Надежды Елеазаровны Любченко и младших сотрудников Ивана Степановича Тельпанова, Владимира Адриановича Козлова и ныне покойного Евдокима Михайловича Михайлова.

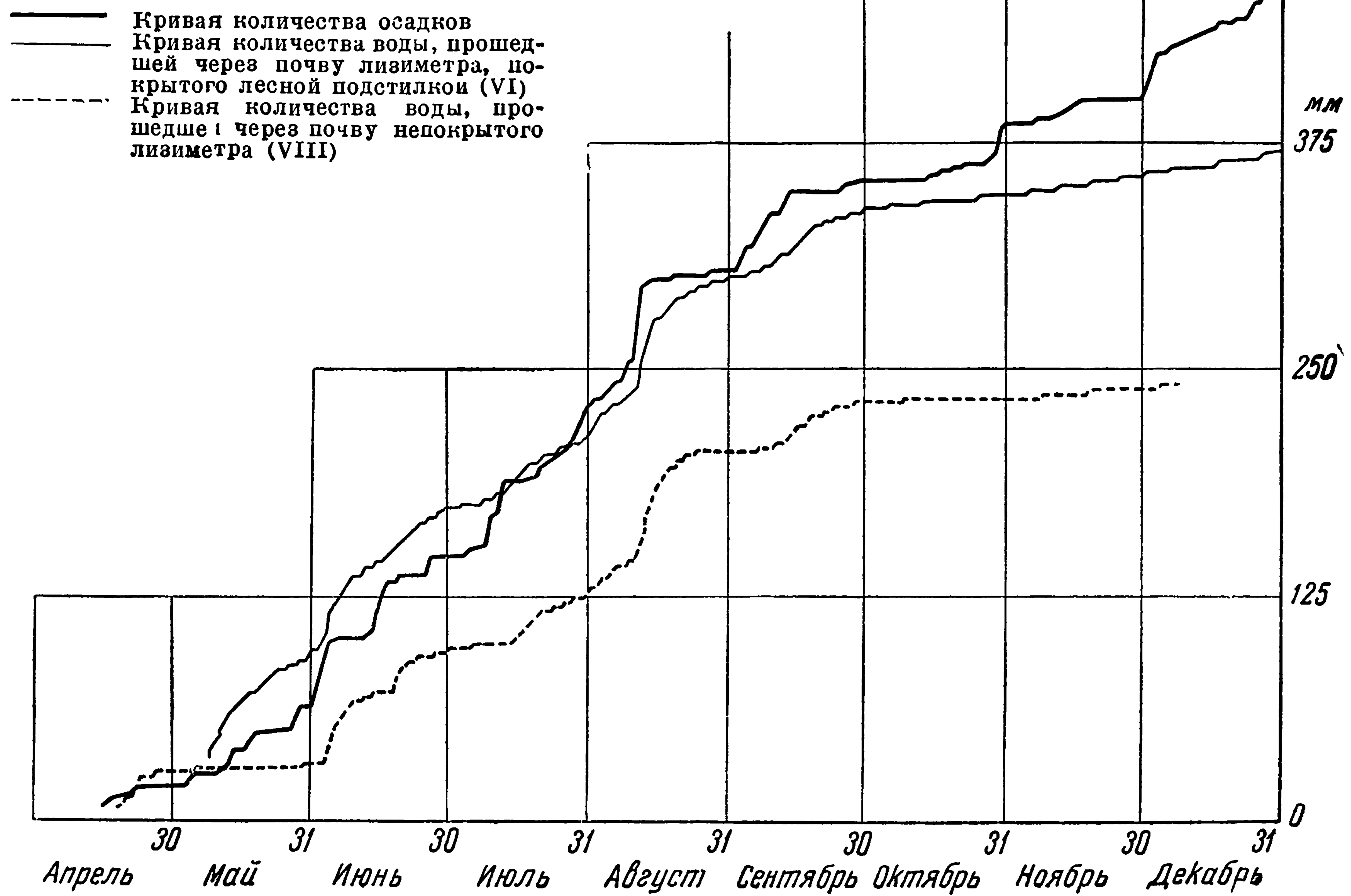
За операцией выпаривания следует тягостная операция количественного отделения осадка от фарфоровой чашки и перенесение его в весовой цилиндр. Это отделение может производиться только в воде при помощи острого, как бритва, и гибкого стального шпателя, ибо в противном случае или шпатель отделит частицы эмали чашки, или сам оставляет частицы; между тем осадки, содержащие всегда много кремневой и титановой кислот, постоянно загибают лезвее шпателя, и его всегда приходится поддерживать на оселке. Таким образом приходится очистить тысячи квадратных метров берлинского фарфора. За этой операцией следует длительная операция сушки при температуре не выше 105° С количественно перенесенных в весовые цилиндры с притертой пробкой осадков; чтобы характеризовать эту работу, достаточно сказать, что в течение круглого года из работы не выходили до тысячи весовых цилиндров. Далее следует операция отделения на бумажном фильтре легко растворимых в воде солей от трудно растворимых, количественная промывка фильтра, новое выпаривание растворимого и новое высушивание до постоянного веса и взвешивание той и другой фракции.

Только после этих операций осадки поступают на дробную кристаллизацию с целью изучения состава их минеральных и органических элементов. Если к сказанному прибавить, что результаты почвообразовательного процесса начинают сказываться в более или менее яркой, ощутительной форме лишь по прошествии многих лет, то станет понятной вся трудность работы при помощи метода лизиметрических исследований — единственного метода, приближающегося к требованиям точного научного метода.

Я остановился несколько подробнее на лизиметрическом

методе исследования с целью обратить внимание на ту чрезвычайно трудную для выполнения массу работы, которая неразрывно связана с методикой научного решения вопросов, стоящих перед такими сложными, по существу своему, дисциплинами, как почвоведение, биология и агрономия во всем своем объеме, в которых обыкновенно принято судить о влиянии какого-либо фактора на те элементы процесса, на которые он может оказывать воздействие, по влиянию количественных изменений наличности фактора в изучаемом процессе на конечный суммарный результат всего процесса — на урожай, результат, являющийся функцией изменения всех факторов, одновременно входящих в процесс, и их взаимной интерференции. В этом случае всегда имеется обширное поле для догадок и допущений, и при такого рода решении вопроса мы всегда стоим перед одним уравнением со многими неизвестными, и единственный путь решения таких вопросов есть не только путь точного учета количества всех факторов, принимающих участие в изучаемом процессе, но и чрезвычайно сложный и трудный путь одновременного количественного учета и всех ближайших влияний каждого фактора на изменение условий среды; возможность осуществления этого пути открывается перед нами в лизиметрическом методе исследования таких явлений, но суждение при применении этого метода о роли различных факторов в динамике процесса по общему суммарному выражению одновременного влияния всех факторов — по величине урожая — сводит все значение лизиметрического метода к простому полевому опыту, произведенному лишь в более импозантной обстановке, но ничем, по существу, не отличающемуся от тех опытов, которые ежегодно производит всякий земледелец при всякой культуре и которые имеют то огромное преимущество, что позволяют судить об экономической стороне дела при условиях местной обстановки. Но, при всей желательности пользования при решении вопросов биологии точной методикой, не следует забывать самого главного, — что во всякой научной работе

Рис. 8. Диаграмма лизиметрических вод.



дело заключается не в обстановке решения вопроса, а в постановке самого вопроса.

II[29]

Количественное влияние лесного мертвого покрова на уменьшение испарения воды почвою иллюстрируется приводимой диаграммой количества лизиметрической воды и атмосферных осадков для лизиметров VI и VIII Лаборатории почвоведения Тимирязевской сельскохозяйственной академии (см. диаграмму).

Лизиметры VI и VIII (по 4 куб. м и с поверхностями по 4 кв. м каждый) были загружены в 1904 году одинаковой супесчаной почвой. Разница между этими двумя лизиметрами заключается только в том, что с поверхности почвы лизиметра VIII удалялись все проростки сорной растительности тотчас по появлении их, и почва в течение всего года оставалась свободной от всякого покрова и не подвергалась никакой обработке. Поверхность почвы лизиметра VI была покрыта мертвой лесной подстилкой, и всякие проростки на ней также удалялись немедленно по появлении.

Мертвая лесная подстилка была взята с 4 кв. м почвы сомкнутого 30-летнего елевого насаждения в 4 квартале лесной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Подстилка была перенесена на поверхность лизиметра в конце сентября 1906 года, так что к весне 1907 года она вполне слежалась и имела внешний вид, не отличающийся от природного.

На диаграмме, обработанной профессором В. П. Горячкиным по журнальной диаграмме лизиметрических опытов за 1907 год, приведено количество выпавших на лизиметры атмосферных осадков по дождемеру с ниферовой защитой, находившемуся в непосредственной близости к лизиметрам. Осадки выражены в миллиметрах слоя.

Количество осадков для построения диаграммы всегда суммируется со всей предыдущей суммой осадков, так что всякая точка кривой осадков указывает на все количество их, полученное лизиметром, начиная с момента оттаяния почвы (7/IV для лизиметра VI с подстилкой и 17/IV для лизиметра VIII непокрытого).

Лизиметрическая вода измерялась ежедневно в 8 часов утра. Диаграмма лизиметрической воды обработана так же, как и диаграмма осадков.

На диаграмме видно, что в 1907 году лизиметр, покрытый лесной подстилкой, дал воды на слой в 125 мм больше, чем лизиметр непокрытый.

ПРИЛОЖЕНИЯ





ПОСЛЕСЛОВИЕ

Избранные сочинения академика Василия Робертовича Вильямса издаются Академией Наук СССР в трех томах.

В основу подбора научных трудов для данного издания положен тематический принцип, который значительно облегчает передачу читателю основных положений учения академика В. Р. Вильямса в области почвоведения, земледелия и луговедения.

В соответствии с этим три тома избранных сочинений В. Р. Вильямса имеют следующее содержание:

первый том включает важнейшие работы В. Р. Вильямса в области почвоведения, начиная с 1893 г. по 1938 г. включительно;

второй том представляет сборник научных статей В. Р. Вильямса по вопросам травопольной системы земледелия, затрагивая период с 1921 г. по 1939 г. Эти статьи отражают последовательную и настойчивую борьбу большевика-ученого за внедрение травопольной системы земледелия в социалистическое сельскохозяйственное производство;

третий том посвящен работам В. Р. Вильямса в области луговедения и организации кормовой базы для высокопродуктивного животноводства в социалистическом сельскохозяйственном производстве (1921—1939 гг.).

Публикуемые в трехтомнике избранные труды представляют лишь незначительную часть большого научного архива академика В. Р. Вильямса; этот архив в настоящее время хранится в Почвенно-агрономическом музее его имени в Московской

ордена Ленина сельскохозяйственной Академии им. К. А. Тимирязева.

Перу академика В. Р. Вильямса принадлежит громадное количество работ, как в области научных дисциплин, так и по различным вопросам сельскохозяйственного производства. Им написано большое количество публицистических статей, даны ответственные экспертизы по запросам правительственных и научных учреждений, написан целый ряд докладных записок по вопросам реконструкции сельскохозяйственного производства. И всюду, в статьях, в экспертизах и в докладных записках, В. Р. Вильямс со свойственной ему четкостью и принципиальностью стремился доказать необходимость быстрейшего претворения в жизнь основных положений своего учения о развитии плодородия почвы, о создании условий получения высоких и устойчивых урожаев, о достижении высокой продуктивности животноводства.

По решению правительства все научные труды академика В. Р. Вильямса должны быть изданы полным собранием сочинений. В текущем 1950 г. Государственным издательством сельскохозяйственной литературы будет закончено двенадцатитомное издание его трудов. Но в них не войдет часть работ В. Р. Вильямса. Некоторые из них печатаются в настоящем трехтомнике.

Первый том избранных сочинений, издаваемый Академией Наук СССР, включает важнейшие работы академика В. Р. Вильямса в области почвоведения. Тематически том разделяется на четыре раздела.

В *первый раздел* включены избранные главы из его классического труда «Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения»; в них изложена сущность его учения о едином процессе почвообразования и учения об эволюции почв и их плодородии. Проводя с исключительной широтой основной взгляд на почву, как «на функцию воздействия на материнскую породу биологических элементов суши», он излагает сущность

взаимоотношений между растительными формациями (включающими высшие и низшие организмы) и материнской породой. Он впервые в истории науки о почве осветил совершенно поновому вопрос о сущности почвообразования. Академик В. Р. Вильямс рассматривал почвообразовательный процесс как непрерывный процесс синтеза и разрушения органического вещества. Он доказал, что все процессы изменения материнской породы при превращении ее в почву определяются биологическим круговоротом веществ, происходящим под влиянием жизнедеятельности самих организмов, в синтезе и разрушении органического вещества. Под влиянием этого процесса происходит непрерывное изменение свойств бесплодной горной породы и создание в ней качественно нового свойства, отличающего почву от горной породы, т. е. ее плодородия.

До В. Р. Вильямса в почвоведении господствовало механистическое представление об извечном расположении почвенных зон, о нескольких изолированных процессах почвообразования, протекающих в каждой зоне независимо друг от друга.

В. Р. Вильямс доказал, что природный процесс почвообразования един и совершается во времени, что все разнообразие почв в природе — лишь отдельные стадии единого процесса почвообразования.

«Таким образом, — пишет В. Р. Вильямс, — сложилось воззрение на почвообразовательный процесс как на единый, грандиозный по протяженности во времени и пространстве процесс воздействия на материнскую породу биологических элементов суши, в правильной ритмической повторяемости проходящий по всей территории земной суши от полюса до полюса. Современные почвенные зоны представляют как бы диалектические скачки, в которых с наибольшей отчетливостью выявляются отдельные моменты апогея напряжения какой-либо стадии процесса, которые далее затухают в переходной зоне, в которой одновременно накапливаются мельчайшие количественные

изменения, слагающиеся в прогрессивно нарастающий качественный скачок хронологически следующей зоны».[1]

В этом сущность расхождения академика Вильямса с представителями морфологической школы, которые рассматривают почвенный покров всякой зоны со всеми его свойствами и морфологическими признаками как функцию комплекса современных условий климата и других природных условий современного залегания почвы.

Совершенно по-новому В. Р. Вильямс поставил вопрос об изучении почвы. Он доказал, что всякое одностороннее изучение почвы, проводимое изолированно, не может дать в руки исследователя ключ к разрешению проблемы плодородия почвы.

«Руководящей нитью для меня,— говорит В. Р. Вильямс,— служила мысль Ф. Энгельса о том, что «... в природе ничто не совершается обособленно. Каждое явление воздействует на другое и обратно, и в забвении факта этого всестороннего движения и взаимодействия и кроется в большинстве случаев то, что мешает нашим естествоиспытателям видеть ясно самые простые вещи» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XIV, Диалектика природы, 1931, стр. 459)».[2]

И далее:

«Основываясь на работах Маркса, Энгельса, Ленина, нам удалось доказать, что все эти опыты буржуазных естествоиспытателей были лишь иллюстрацией неправильного подхода к объяснению сложных процессов, что выявление закономерностей этих процессов может быть осуществлено лишь в результате приложения анализа диалектического, а не метафизического, по которому следует, что все условия, кроме одного, пребывают в состоянии неизменности».[3]

---

[1] Из речи, произнесенной на пленарном заседании второго Международного конгресса почвоведения 30 июля 1930 г.

[2] В. Р. Вильямс. Травопольная система земледелия. Сборник статей, Сельхозгиз, 1949, стр. 10.

[3] Там же.

«На основе диалектического анализа этих связей нам,— говорит В. Р. Вильямс,— удалось выделить и подчеркнуть ту особую роль, которую играют факторы жизни растений, действующие на последние через почву. Способность почвы обеспечивать потребности растения в процессе его развития *одновременно* необходимым ему количеством воды и пищи мы признали существенным свойством почвы и назвали (в отличие от механистического определения — удовлетворения растения только пищей) плодородием».[1]

Развивая генетическое почвоведение Докучаева — Сибирцева — Костычева, Вильямс, не отрицая значения работ по географии почв вообще, прекрасно показал методологические ошибки и несостоятельность того географического направления, которое создало представление о статическом состоянии почв. Этому метафизическому направлению он с исчерпывающей полнотой противопоставил диалектическое понимание развития почвы.

Академик В. Р. Вильямс писал:

«Десятки лет я призывал своих сотоварищей по науке к борьбе за диалектический подход к изучению природы. Я считал и продолжаю считать, что только комплексный подход, всесторонне охватывающий все стороны того сложного биологического производства, каким есть и будет наше технически вооруженное социалистическое сельское хозяйство, может открыть доступ к вершинам производительности труда в сельскохозяйственном производстве».[2]

В т о р о й р а з д е л первого тома включает статьи и речи академика В. Р. Вильямса о задачах почвоведения и его роли в развитии социалистического сельскохозяйственного производства.

---

[1] В. Р. Вильямс. Травопольная система земледелия. Сборник статей, Сельхозгиз, 1949, стр. 11.

[2] В. Р. Вильямс. Наука и стахановцы. Газета «Московский большевик» от 1 августа 1939 г. № 123.

В статье под заглавием «Руководство к действию», опубликованой в газете «Правда» от 7 марта 1937 г., В. Р. Вильямс писал:

«Почвоведение мною понимается и утверждается сейчас как научная основа земледелия, исходя из главного требования этой философии (т. е. диалектического материализма.— *В. Б.*) ко всякой науке — быть руководством к действию».

Поэтому В. Р. Вильямс в своей работе всегда исходил из задач социалистического сельскохозяйственного производства.

«Всю систему изучения почвы, как природного тела и ее существенного признака плодородия, продукта человеческого труда, мы подчинили решению этой практически важнейшей производственной задачи. От такого подчинения теория почвоведения не проиграла, а выиграла. Связав науку о почве с практическим сельскохозяйственным производством, мы смогли более полно и всесторонне разобраться в законах, управляющих почвообразовательным процессом, в эволюционном развитии почвы».[1]

В. Р. Вильямс оставался верен до конца своей жизни этим принципам, и поэтому партия и правительство и весь советский народ высоко оценили заслуги великого ученого, положив его учение в основу переделки природы и развития культурного земледелия на основах травопольной системы земледелия.

Все научное творчество академика В. Р. Вильямса проникнуто глубоким пониманием и знанием объективно присущих природе закономерностей, которые легли в основу борьбы за травопольную систему земледелия. Это ярко отразилось в статьях, помещаемых во втором разделе первого тома, и особенно в статьях о травопольной системе земледелия во втором томе избранных сочинений.

Т р е т и й р а з д е л первого тома включает классические

---

[1] В. Р. Вильямс. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения, Сельхозгиз, 1938, стр. 3.

работы академика В. Р. Вильямса в области изучения природных условий двух объектов — Биробиджанского района ДВК и сравнительно небольшого участка под Москвой в Люблино — для организации полей орошения.

Эти два очерка являются образцом для любого исследования в любой области изучения природных явлений. Эти работы В. Р. Вильямса сравнительно мало известны широкому кругу научных работников; они могут служить образцом применения диалектического метода при изучении явлений природы и подчинении их задачам социалистического народного хозяйства нашей Родины.

В четвертом разделе первого тома собраны ранние, наиболее важные исследования В. Р. Вильямса в области сравнительного изучения физических свойств почвы (1893 г.), его классические исследования в области механического анализа почв (1893 г.) и изучения органических веществ почвы (1902 г.).

Начав свои работы по почвоведению с изучения физических свойств почв, В. Р. Вильямс дал совершенную методику механического анализа почв, которая позволила ему глубоко вникнуть в сущность тончайших механических элементов почвы и выявить их ведущую роль в ее плодородии. На основании своих исследований механического состава почвы В. Р. Вильямс приходит к следующему заключению:

«Наиболее характерными особенностями обладает группа мельчайших частиц — тонкий ил...» и далее: «Мы имеем основание предполагать, что в тонком иле именно заключается все количество доступных растению питательных веществ почвы, равно как и все количество перегнойных веществ, в них содержащихся.

Благодаря физическим свойствам тонкого ила (и отчасти среднего), содержание его имеет очень большое влияние на связность почв, а присутствие в нем всего количества перегнойных соединений почвы ставит в зависимость от качества и количества

тонкого ила так называемое строение почвы и прочность этого строения».[1]

Изучая физические свойства почвы и ее структуру, В. Р. Вильямс приходит к выводу, что ни физика, ни почвенная химия не в состоянии раскрыть пути развития почв и существенного свойства ее — плодородия. Будучи агрономом-почвоведом, он первый подошел к почве как биолог, связывая происхождение почвы и развитие ее свойств с явлениями жизни, развертывающимися как на ее поверхности (высшие зеленые растения), так и в ней самой (микроскопическое население почвы: бактерии, грибы, актиномицеты). В своей работе, относящейся еще к 1891 году, он требовал изучения динамики процессов, изучения свойств, взаимно увязанных друг с другом и с окружающей средой. Такое требование в сжатой и яркой форме он выразил в своей вступительной речи перед защитой диссертации 31 января 1894 года.

«А разве почва не такой же организм, разве можно назвать в строгом смысле мертвой эту сложную комбинацию минеральных и органических веществ, в которой никогда ни на минуту нет состояния покоя, которая насквозь проникнута жизнью и живыми существами, которая сама дает жизнь и в которой состояние покоя и неподвижности есть состояние смерти?» (стр. 544 настоящего тома).

В работе В. Р. Вильямса под названием «Значение органических веществ почвы» четко намечаются пути развития почвенного покрова на земном шаре под влиянием биологических факторов, в том числе и растительности, еще не называемых им растительными формациями.

Эта работа содержит много ценных и интересных положений, которые представляют собою как бы наброски или схемы к крупным разделам того учения, которое оформилось впослед-

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., том 1, Сельхозгиз, 1949, стр. 78.

ствии как учение о едином процессе почвообразования, его периодах и типах почв.

Нельзя пройти мимо тех работ В. Р. Вильямса, которые прекрасно отражают все то новое, что уже к 900-м годам накопилось у молодого ученого и через небольшой промежуток вошло также в его труд «Почвоведение».

«Простой, мертвый по прежним воззрениям, продукт выветривания горных пород обратился постепенно в целый своеобразный мир, населенный мириадами микроскопических живых организмов, мир, в котором нет ничего неподвижного, мертвого..., в котором все живет своеобразной жизнью, каждый элемент которого ежеминутно изменяется, где самые инертные, самые неподвижные, индиферентные вещества — азот, кремневая кислота, силикаты, железо и алюминий — вовлекаются в общий круговорот веществ, ежеминутно меняют свою форму, постоянно переходят из одной комбинации в другую...»

«Здесь, с точки зрения этой самой молодой отрасли естественных наук, почва предстала уже как сложнейшая функция двух, в свою очередь, сложных, элементов: материнской породы, из которой произошла почва, и биологических процессов, в ней совершающихся» (стр. 725—726 настоящего тома).

«Органические вещества, возникающие в почве под влиянием микробиологических процессов, в ней совершающихся, и придают ей тот характер и свойства, которые присущи четырем основным почвенным типам: 1) северным дерновым почвам, 2) чернозему, 3) подзолу и 4) латеритам.

Образование и накопление этих групп органических веществ никогда не идет в чистом виде, и это одна из главных причин малой их изученности — они трудно изолируются, трудно получаются в чистом виде» (стр. 728 настоящего тома).

Заканчивая мысль об эволюции почвенного и растительного покрова, В. Р. Вильямс пишет далее:

«Характер растительных формаций, развивающихся на поверхности почвы, и направление биологических процессов,

совершающихся в недрах ее, — вот два основных фактора, обусловливающих собою характер почвы» (стр. 729 настоящего тома).

Печатаемые в первом томе ранние работы В. Р. Вильямса показывают, что он, в самом начале своей научной деятельности, находился на пороге создания нового этапа в развитии науки о почве — этапа, когда за биологическими факторами, отмеченными еще В. В. Докучаевым, признается решающее начало в образовании почв, а органическое вещество почвы начинает рассматриваться как основа многих процессов почвообразования.

Поэтому неудивительно, что в своем классическом труде «Почвоведение» (1926 г.) В. Р. Вильямс с исчерпывающей полнотой обосновал решающее влияние на почвообразование растительных формаций. Последние, в совокупности с другими факторами почвообразования и влиянием местных условий, приводят, на фоне развития единого процесса почвообразования, к разнообразным формам его проявления, созданию почвенных типов и периодов почвообразования.

Без этих ранних работ читателю было бы трудно понять развитие научных положений учения В. Р. Вильямса о едином процессе почвообразования.

В лице академика В. Р. Вильямса мы имеем крупного ученого, который, по мере собственного роста, систематически и непрерывно стремился совершенствовать свои труды, давая на новой основе наиболее совершенные достижения науки.

Высокие требования к себе, постоянный критический просмотр сделанного заставляли его на протяжении многих десятков лет возвращаться к своей основной теме изучения условий прогрессивного роста плодородия почвы.

Курс почвоведения В. Р. Вильямса последних лет — это уже не первые его лекции по почвоведению, а строго продуманная, проверенная громадным количеством фактического материала, аргументированная экспериментальными работами

система взглядов, где почва с ее существенным свойством — плодородием рассматривается и как природное тело и как продукт человеческого труда.

Василий Робертович Вильямс относится к числу ученых, которые в своей научной и практической деятельности руководствуются ленинско-сталинским стилем в работе. Наука для В. Р. Вильямса была не самоцелью, а средством для открытия объективно существующих законов природы и использования их в интересах человеческого общества, примером чему является его теория единого почвообразовательного процесса и как логическое следствие, вытекающее из этой теории,— травопольная система земледелия, на основе которой успешно претворяется в жизнь Сталинский план преобразования природы на необъятных просторах нашей Родины.

Член-корр. АН СССР, действительный член-академик Всесоюзной Академии с.-х. наук имени В. И. Ленина

В. П. Бушинский



К. И. ГОЛЕНКИНА

ЛИЗИМЕТРЫ АКАДЕМИКА В. Р. ВИЛЬЯМСА *

Воспоминания

Мысль об изучении органического вещества почвы зародилась у Василия Робертовича еще в студенческие годы. Будучи в заграничной командировке, он работает по химии и физиологии почвы у Шлёзинга, по микробиологии у Пастёра, стремится все прочитать, все узнать, что в то время было известно об органическом веществе почвы, о перегное. Он старается и других приобщить к изучению этого вопроса и делает свой первый скромный вклад в науку в виде перевода на немецкий язык для «Forschungen» Вольни статьи П. А. Костычева «Исследования об образовании и свойствах перегноя».

По возвращении на родину В. Р. продолжает работать над тем же вопросом. Очень много дает ему в этом отношении изучение деятельности почвы при обезвреживании нечистот, когда он берется за устройство полей орошения Москвы в 1896 г.

В 1898/99 г. он работает с органическими веществами почвы, обрабатывая ее петролейным эфиром и спиртом, и добывает из почвы лецитин. В 1902 г. для актовой речи он выбирает ту же тему «Значение органических веществ почвы».

К тому времени у него уже сложилось ясное представление

---

* Напечатано в журнале «Почвоведение», № 4, 1940 г.

о жизни почвы, о связи высших растений с низшими и о характере перегноя, присущего каждой формации.

Но самая сущность органических кислот почвы была еще далеко не изучена, и еще в рецензии на работу Слезкина «Этюды о гумусе» В. Р. писал: «Область эта настолько темна и неисследована, и дороги, которые пытались наметить в ней предыдущие работники, настолько перепутаны, что требуется жизнь не одного ученого, а работа целого поколения, чтобы осветить эту важную область почвоведения» (1900 г.).

И это оказалось верным. Всю жизнь В. Р. посвятил изучению этого вопроса, и все-таки ему не удалось разрешить его до конца. Но он собрал богатейший материал благодаря явившейся у него счастливой идее построить грандиозные для того времени лизиметры. В них он надеялся собрать достаточное для изучения количество органического вещества из разных почв.

Идея лизиметров не была новой. Они употреблялись, главным образом, метеорологами для изучения некоторых свойств почвы, причем представляли собой небольшие врытые в почву цилиндры.

В 1904 г. В. Р. Вильямс получил от департамента земледелия 1000 руб. на постройку лизиметрической батареи и с весны с увлечением принялся за работу. Строил он их с помощью подрядчика, по своему плану и по собственным чертежам.

Сначала был вырыт котлован в виде прямоугольника длиною в 10 с лишком м, шириною около 8 м, глубиною свыше 1 м. Затем середина его была углублена в виде коридора еще на 1 м, и в конце этого коридора был вырыт поглощающий колодезь, площадью 70 × 70 см, в середине дна которого была сделана буровая скважина глубиной в 10 м. Скважина была заполнена кирпичным щебнем, диаметром в 3—5 см.

Вдоль коридора было намечено по 5 лизиметров с каждой стороны; из центра каждого лизиметра был прорыт ход в коридор, в который была закопана свинцовая трубка диаметром в 20 мм, оканчивающаяся в коридоре на высоте 70 см от пола.

Уклон этой трубки был настолько крут, что обеспечивал полный сток попадающей в нее воды.

Затем началось бетонирование стен. В намеченных местах были сделаны перегородки из бетона толщиною в 20 см, затем забетонированы стенки почвы в лизиметрах и в коридоре, а также основания их и поглощающий колодезь. Основание лизиметров было сделано с небольшим уклоном к середине, к забетонированной в обрез трубке, и к ней по 4 диагоналям проложен стеклянный дренаж, состоявший из коротких трубок длиною 10 см и с внутренним диаметром 2 см, связанных между собою свинцовыми муфтами и перекрытых в месте пересечения продырявленным свинцовым колпаком.

Такой дренаж обеспечивал полное стекание всей проходящей через почву лизиметрической воды к выводной трубке и возможность собирания ее в среднем коридоре батареи.

Уже тогда В. Р. предвидел, что бетон не защитит его почвы от проникновения окружающих вод, и много думал над устранением этого недостатка. После многих испытаний различных веществ для придания бетону непроницаемости, он остановился на даммаровом лаке, которым и были покрыты все стенки и основания лизиметров по три раза. Спустя много лет при разгрузке лизиметров можно было видеть, что опыт удался — стенки совершенно сохранились.

С тем же процессом встретились строители канала Москва — Волга. Для устранения утечки волжской воды в участках, где труба работает полным сечением, и загрязнения ее почвенными водами в участках, где труба работает с частичным заполнением сечения, они покрывали бетон этой колоссальной трубы с внешней стороны асфальтовым лаком, что В. Р. вполне одобрил при осмотре трубы.

В центральный коридор лизиметрической батареи из каждого лизиметра была выведена свинцовая трубка, конец которой посредством довольно длинной резиновой трубки соединялся с оттянутым стеклянным алонжем, оттянутый конец которого

направлялся вертикально вниз. На резиновую трубку надевался винтовой зажим, которым трубка закрывалась, и сток воды прекращался.

Весь средний коридор был покрыт двухскатной крышей со стеклянными окнами посредине. Коридор закрывался стеклянной дверью, от которой вниз шла бетонная лестница.

Большого труда стоило В. Р. убедить подрядчика сделать крышу с коньком вниз. Этим почва лизиметров предохранялась от скатывавшейся и отлетавшей брызгами от крыши дождевой воды. По среднему жолобу вся она отводилась в почву вне лизиметров. Крыша покоилась на 4 железных двутавровых косоурах, вертикальные концы которых доходили до дна коридора и служили опорой для вертикальных стенок лизиметров.

Загрузка лизиметров началась осенью того же 1904 г. прежде всего материнской красной глиной, которая была вынута из специального шурфа глубиной 1 м рядом с котлованом лизиметров. Ею были загружены два лизиметра — 7-й и 9-й. Последний в том же году был засажен под кол елевыми двухлетними саженцами. Но посадка эта оказалась неудачною. Корни саженцев предварительно опускались в водопроводную воду, и много саженцев не прижилось, а оставшиеся живыми очень плохо развивались.

Вследствие этого в июле 1906 г. они были выдернуты, и лизиметр засажен под кол новой порцией елевых двухлеток, корни которых опускались в болтушку из почвы (дерновой, местной). Всего было посажено 529 шт., 23 ряда по 23 шт. в каждом. Все они принялись.

7-й лизиметр был оставлен в чистом виде и постепенно заселился травянистыми из семян, заносимых ветром и птицами. На следующий год на нем было два куста красного клевера, а в 1906 г. очень много осота розового (будяка) и в виде единичных растений — красный клевер, мышиный горошек, овсяница красная, икотник и одуванчик. Растения были роскош-

ные, но еще редкие. В последующие годы он совершенно зарос злаками, главным образом щучкой.

Той же осенью 1904 г. были загружены лизиметры 1-й, 3-й и 5-й, а также 2-й и 4-й.

1-й лизиметр был загружен подзолом из-под леса IV квартала лесной дачи Тимирязевской академии. Для 3-го лизиметра была привезена почва с полей орошения Москвы, расположенных близ ст. Люблино в бывшей Нагатинской волости Московской губ. и уезда. Это был образец пойменной глины с поймы р. Москвы. Почва целинная, ни разу не орошавшаяся сточной жидкостью. 5-й лизиметр В. Р. загрузил луговым торфом с Жабенского луга Тимирязевской академии.

Как происходила загрузка?

Во всех случаях загрузка производилась одинаковым способом, кроме песков на лизиметрах 6, 8 и 10-м, которые загружены одним средним образцом на всю глубину с утрамбовкой.

Для всех остальных случаев на месте, откуда бралась почва, отмеривали квадрат в 4 м² (2 × 2 м); с него *вся* почва слоями в 10 см упаковывалась в мешки (по полумешку в каждом «месте»), мешки зашивались, запечатывались, этикетировались и доставлялись на место гужом или по железной дороге. В лизиметры почвы загружались послойно в 10 см в природном порядке и утрамбовывались легкой деревянной трамбовкой до горизонта 10 см. На местах брались для исследования запасные образцы почвы из каждого слоя по полмешка (около 3 пудов); они были высушены и хранились на опытном поле.*

Для 2 и 4-го лизиметров В. Р. заранее выписал почвы из Донецкого округа Донской обл. Брал их бывший ученик В. Р., аспирант Д. П. Мазуренко (впоследствии доктор философии Мюнхенского университета и ученик Вольни). Он взял их из юрта Каменской станицы — для 2-го лизиметра каштано-

* К сожалению, эти образцы впоследствии были уничтожены.

вый чернозем (целина) и для 4-го — под названием «красная земля» (пашня).

Бралась почва послойно в мешки, которые были тщательно перенумерованы и затем упаковывались в ящики. Все делалось по точно продуманной инструкции В. Р. В лизиметры почва загружалась тоже послойно и в том же порядке, т. е. нижние слои вниз и так постепенно до верхнего. Дерновый слой не сохранился в целости, но, несмотря на это, весной 1905 г. оба лизиметра покрылись обильной растительностью южной флоры.

В 1906 г. растительность была еще роскошнее, например, донник достиг высоты 3 м. В последующие годы характер флоры 2 и 4-го лизиметров изменился — появились наши сорняки, занесенные на них ветром. С другой стороны, многие южные сорняки распространились по всему участку вокруг лизиметров, например, разные виды полыни, донник, желтушник, мышей, осоты и пр.

6, 8 и 10-й лизиметры были загружены только через год, осенью 1905 г. Для них привезен был ледниковый песок из песчаного карьера д. Нижние Лихоборы бывшей Ростокинской волости Московской губ. и уезда. Этот песок представляет собой материнскую породу; три лизиметра различались между собой тем, что 6-й был покрыт лесной подстилкой, 10-й засажен березой, а 8-й остался в нетронутом виде.

6-й лизиметр был покрыт слоем мертвого лесного покрова из III квартала дачи Тимирязевской с.-х. академии в июле 1906 г., т. е. на другой год после загрузки. Покров взят с 4 м^2 из чистого елевого насаждения 36-летнего возраста. Он обильно пророс мицелием. Предварительно была определена влажность этой подстилки (53,34%) и механический состав ее (хвоя, ветки, обломки шишек, почва, растворенные в воде вещества и неопределенная мелочь). Всего было положено 25 800 г подстилки в сыром состоянии, что отвечало 12 038 г абсолютно сухого покрова. За все время на 6-м лизиметре не было никакой растительности.

8-й лизиметр загружен в то же время и оставлен без всяких изменений. Очень долго на нем ничего не росло. Впоследствии он покрылся травой, и на нем даже выросла большая береза.

10-й лизиметр загружен в том же 1905 г. и в июле 1906 г. засажен сосной. Саженцы погружались в смесь воды с почвой, взятой с гряды, на которой они выросли. Всего посажено было тоже 529 шт.—23 ряда по 23 шт. в ряду. Но сосна не принялась и погибла, а в мае 1907 г. лизиметр был засажен дичками березы вперемежку через один с корневыми черенками осины. Впоследствии осина тоже выпала, и осталась одна береза.

В конце лизиметров, противоположном входу, был устроен снегомер — деревянный облицованный рольным свинцом ящик, площадью в 1 кв. сажень, или 4,55 м^2, со стенками высотой 35 см, и рядом поставлен обычный дождемер с защитой Нифера. Площадь дождемера равнялась 500 см^2. Учет снега и дождя начат был в том же году, т. е. осенью 1904 г., и так как поверхность каждого лизиметра равнялась 4 м^2, то и осадки перечислялись на 1 м^2.

Первые три года лизиметрические воды собирались спорадически и только летом; на зиму трубки закрывались. Только с 1907 г. воды стали собираться и учитываться ежедневно. Трубки открывались на 12 часов — с 7 час. утра до 7 час. вечера. Оставлять их на целые сутки было нельзя, потому что весной во время половодья этим можно было бы затопить коридор. Вода текла из всех трубок, по выражению технического сотрудника, обслуживавшего лизиметры, «веревочкой», т. е. как из крана водопровода.

К весне 1907 г. было приготовлено свыше 100 больших бутылей по 10 л (приблизительно). Все они были вывешены, и вес был выгравирован на каждой бутыли. Весной воды текло так много, что брать ее всю на выпаривание не было возможно. Учитывалось только общее количество вытекшей воды, а на фильтрование и выпаривание бралась определенная часть.

И то приходилось выпаривать огромное количество воды, но нужного В. Р. осадка в ней получалось очень немного.

Порции воды для выпаривания брались сначала из очень большого количества воды, за несколько дней (20 и больше), потом эти сроки стали уменьшаться и дошли до 7 дней, каковой срок оставался до конца действия лизиметров, т. е. до 1917 г.

Взятая порция воды фильтровалась сначала через свечу Нордмейера с фарфоровым наконечником. После окончания фильтрации осадок с фильтра снимался обратным током воды и собирался отдельно. Профильтрованная вода выпаривалась досуха в больших фарфоровых чашках на водяной бане. Затем осадок счищался стальным шпателем и собирался во взвешенные бюксы, в которых высушивался до постоянного веса. Затем весь осадок высыпался количественно на плотный фильтр, на котором промывался водой до тех пор, пока стекающая вода не становилась бесцветной (первые порции воды были густо окрашены в коричневый или почти черный цвет и были почти непрозрачны). Эта окрашенная жидкость с легкорастворимым в воде веществом вновь выпаривалась и взвешивалась, а по разности определялась труднорастворимая часть, оставшаяся на фильтре. Она тоже высушивалась и собиралась отдельно.

Этим путем получилось громадное количество порций осадков, которые В. Р. потом соединил вместе по отдельным лизиметрам, выделив легко- и труднорастворимые части. В году получалось не 52 порции, по числу недель, а меньше. Летом и зимой многие лизиметры «стояли», т. е. вода из них не текла, хотя трубки были открыты. Наибольшее количество воды было весной во время половодья, затем осенью, но гораздо меньше, во время осенних дождей. Но некоторые лизиметры не переставали течь все время, что видно из приложенной таблицы.

Как можно было управиться с такой массой работы почти одному человеку? Ведь у В. Р. Вильямса помощниками были только автор этих воспоминаний и один технический сотрудник (И. С. Тельпанов).

Учет воды, протекающей в лизиметры, 1908 г. (старый стиль). Время протекания воды

Лизиметры	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
I. Подзол	6→7		19 ——				→26	3 ——	→5 16 ——		→16	
II. Чернозем			28 ——		→20	14 ——	→1		20 23→24		28 ——	→14
III. Пойма			26 ——		→27	9 14 ——	→2	4→ 6 13 15→18 22→26	16		1	
V. Красная земля . . .	4→7		18 ——			→1 9 14 ——	→7		20		14 29 ——	→15
V. Торф	5→6		18 ——		→30	9—10 14	2 5→ 6 11→12	3→ 6 15→19 22→26	16→24			
VI. Песок с подстилкой	5→6	25	5 ——							→1	25 ——	→19
VII. Глина без покрытия	4	4	24 ——				→12	14 ——			→14	
VIII. Песок без покрытия	5→6		23 ——							→23	29 ——	→15
IX. Глина с елью . . .	1 ——										→29	10→15
X. Песок с березой . .	24 ——						→16	14 ——		→11		

Но тут выручали рационализаторские и изобретательские способности В. Р. Его мысль вывесить заранее почти полтораста бутылей сильно облегчила учет воды, особенно весной: Фильтрация шла сразу для вод всех 10 лизиметров таким образом: к очень сильному водоструйному насосу причленялась посредством резиновой трубки длинная стеклянная трубка с одним патрубком посредине и с 10 патрубками, направленными в противоположную сторону. Средний патрубок соединялся с насосом, а каждый из остальных с толстостенной конической колбой для фильтрования, соединенной со свечей Нордмейера. Свеча была опущена в большой цилиндр для ила (от механического анализа по Вильямсу). Каждый лизиметр имел свои меченые колбу, свечу и цилиндр. Каждая свеча промывалась обратным током воды для собирания осадка взвешенных веществ, которых особенно много было весной из 8-го лизиметра, т. е. пустого песка. Ничем не задерживаемый ил вымывался из него массами.

Благодаря такому устройству один человек мог фильтровать сразу на 10 свечах.

В другом месте лаборатории сооружена была батарея из 10 водяных бань с общей подачей дестиллированной воды во все бани. Она была устроена на большом столе с высокой и широкой полкой посредине. По обе стороны полки было по 5 бань. На полке ставились большие 10-литровые бутыли с профильтрованной водой, которая подавалась сифоном прямо в чашки на банях. Чашки были защищены от перегрева большими кругами из асбестового картона. В. Р. заказал особые сифоны с расстоянием между коленами в 20 см, что позволяло опускать их в большие бутыли. Здесь надо было только время от времени подливать в чашки воду и следить, чтобы не прекращалась подача воды в бани. Все это можно было делать мимоходом. Когда проходила «страдная пора» — половодье, можно было уже заниматься собиранием осадков, сушкой, взвешиванием и числовой обработкой, которая, к сожалению,

не окончена до сих пор. В сухое время лета и зимой многие лизиметры останавливались совсем. Но в некоторых воды не переставали течь весь год. Этим свойством особенно отличались последние лизиметры, 9-й и 10-й, т. е. под березовым и елевым насаждениями. Для примера возьмем сводную запись за 1908 г., в течение которого учет количества вытекавшей воды производился уже весь год. В 1907 г. учет начался с апреля, а до 1907 г., т. е. в 1904, 1905 и 1906 гг., вода бралась спорадически — отводные трубки лизиметров не были открыты все время.

Из этой таблицы [стр. 780] видно, как устойчиво текла вода из песка, глины и подзола; особенно же из-под древесных насаждений. 9-й лизиметр (с елками) останавливался только на несколько дней в декабре, а 10-й (с березой) также зимой и в самое жаркое время лета.

Что касается остальных четырех лизиметров, то они то останавливались, то опять текли, отзываясь на все атмосферные осадки. Особенно непостоянно ведет себя торф (5-й) и пойма (3-й). Если в последние годы торф мог пропускать воду по стенкам вследствие его сжатия, то в 1908 г. он еще заполнял весь лизиметр целиком.

С 1908 по 1917 г. отводные трубки всех лизиметров оставлялись открытыми ежедневно по 12 час. в сутки, с 7 час. утра до 7 час. вечера. Вода собиралась и измерялась ежедневно и тотчас фильтровалась и ставилась на выпаривание. Во время половодья брали только часть воды, так как выпарить все не было возможности. Например, 4/IV 1908 г. за один день 5-й лизиметр дал 178 л воды; меньше всех дал 9-й — около 64 л. И так продолжалось несколько дней, пока не заканчивалось половодье. В эти дни брали только определенную часть воды. Все осадки за 10 лет работы лизиметров были собраны отдельно с каждого лизиметра и хранились у В. Р. для дальнейшей работы.

После обработки на бумажных фильтрах все недельные

осадки, как труднорастворимые, так и легкорастворимые, соединяли вместе, по каждому лизиметру отдельно. Но легкорастворимый осадок еще можно было разделить. Он содержал много чисто минеральных солей, особенно 4-й лизиметр. Эти соли В. Р. путем кропотливой дробной кристаллизации выделил из всего осадка, и получившиеся маточные растворы содержали только органические соединения. Эти маточные растворы В. Р. оставил стоять для дальнейшей кристаллизации и никому не позволял до них дотрагиваться. Только во время ремонта его лаборатории они были с большой осторожностью перенесены в другую комнату, а потом поставлены обратно на место.

Таким образом от каждого лизиметра сохранилось по 4 различных осадка: 1-й — взвешенный в воде нерастворимый осадок, который оседал на свече Нордмейера и снимался с него обратным током воды. Особенно много этого осадка было получено из лизиметра 8-го (песок без покрытия). Из него атмосферные воды особенно вымывали все глинистые элементы, и из алонжа вытекала всегда (особенно весной) совершенно мутная жидкость, напоминавшая воды южных рек (Кура, Аракс, Аму-Дарья).

2-й осадок получился от обработки всего растворенного в лизиметрических водах осадка на фильтрах небольшим (сравнительно со всей массой выпаренной воды) количеством воды и остался на фильтрах после того, как стекавшая с него вода стала совершенно бесцветной. Все порции труднорастворимого осадка были также собраны вместе. Высушенный он представлял собой порошок грязнобелого цвета, мало гигроскопический.

3-й осадок — минеральные соли, легкорастворимые в воде, сильно гигроскопичные, легко кристаллизующиеся.

И, наконец, 4-й — маточные растворы, разделенные по степени насыщенности органическими соединениями.

Обработка всех этих осадков была отложена на некоторое время, и В. Р. занялся выработкой методики на материале, сходном с лизиметрическим, не желая тратить этот материал,

собранный с такими трудностями за время свыше 10 лет. Он взял глину, песок и торф и проделал над ними ту же сложную работу.

В последнее время В. Р. перешел к иному методу, о котором рассказывал не раз сотрудникам кафедры. Так как обработка водой не давала ему искомых результатов, а слабые кислоты или щелочи вследствие своей сильной диссоциации действовали разрушающе на породу, он решил работать с крепкой кислотой, следовательно, слабо диссоциированной. Работал он обычно с крепкой соляной кислотой. Из таких растворов у него выпадали кристаллы, которые при разведении водой тотчас же растворялись. В таких крепких растворах вел он кропотливую работу дробной кристаллизации. Последние годы он особенно интересовался выделением органических соединений алюминия, о чем не раз говорил.

О всей своей работе В. Р. обещал в феврале 1940 г. сделать доклад на Ученом совете Академии, но неожиданная смерть помешала этому.

Богатейший материал, оставшийся после В. Р., взял для продолжения работ сын его проф. В. В. Вильямс, и надо надеяться, что он сумеет разобраться в нем во всех деталях и окажется достойным преемником своего великого отца.

Кафедра почвоведения.
Ордена Ленина Сельскохозяйственная академия им. Тимирязева.
Москва.



ПРИМЕЧАНИЯ РЕДАКЦИИ

[1] Главы из курса «Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения» воспроизводятся по изданию 1938 года.

[2] Предисловие редактора к классическому труду В. В. Докучаева «Русский чернозем». Сельхозгиз. 1936 г.

[3] Предисловие редактора к книге П. А. Костычева «Почвоведение» (I, II и III части). Курс лекций, читанный в 1886—1887 гг. Сельхозгиз. 1940 г.

[4] Печатается по рукописи (хранящейся в Почвенно-агрономическом музее им. В. Р. Вильямса), датированной автором 1936 годом.

[5] Статья из журнала «Почвоведение», № 5/6, 1935 г.

[6] Печатается по изданию Института агропочвоведения Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. Москва, 1931 г.

[7] Впервые напечатана в журнале «Пути сельского хозяйства» (М., 1926 г., № 1/7). Здесь текст статьи, отредактированный автором, воспроизводится по сборнику «Вопросы повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства». Изд. «Новый агроном», 1929 г.

[8] Печатается по рукописи, относящейся к 1930 году. Впервые напечатано в сборнике «Памяти академика В. Р. Вильямса». Изд. Академии Наук СССР, Москва, 1942 г.

[9] Печатается по рукописи 1927 года с некоторыми сокращениями. Работа впервые опубликована в 1930 году.— *Ред.*

[10] Написано в 1912 г. Опубликовано в 1913 г. в специальном издании «Описание канализации г. Москвы 1-й очереди», том II. Здесь печатается по собранию сочинений, т. II, 1948 г.

[11] Публичная лекция, напечатанная в «Сборнике систематических чтений по сельскому хозяйству в Политехническом музее» (Москва, 1893 г.). Здесь текст лекции воспроизведен по собранию сочинений В. Р. Вильямса, т. I, изд. 1948 г.

[12] Ниже в подобных случаях, а также перед текстом речи или лекции, это традиционное обращение к слушателям в настоящем издании опускается.

[13] Заключительная часть этой статьи в настоящем издании перепечатана с небольшим сокращением.

[14] Произнесена 31 января 1894 года. Печатается по собранию сочинений В. Р. Вильямса, т. I, изд. 1948 г. Диссертацию — «Опыт исследования в области механического анализа почв» — см. на стр. 551.

[15] Об усвоении углекислоты растением см. на стр. 541.

[16] «Опыт исследования в области механического анализа почв».

[17] Обозначаемое этими словами вещество В. Р. в своей диссертации называет черным веществом почвы.

[18] Магистерская диссертация В. Р. Вильямса. Труд этот был опубликован в «Известиях Петровской сельскохозяйственной академии» (1893 г., выпуск 2—3). Печатается по собранию сочинений В. Р. Вильямса, т. I, 1948 г.

[19] В исходном издании — 42, 92 и 101, 01. Оба эти числа исправлены по отдельному оттиску немецкого издания диссертации (Separatabdruck aus den Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, herausgegeben von, Prof. Dr. E. Wollny, XVIII. Bd. 3/4. Heft. Verlag von Carl Winters Universitätsbuchhandlung in Heidelberg), работу над которой для этого издания В. Р. датировал 29 ноября — 11 декабря 1894 г. По указанному здесь источнику сделано несколько мелких цифровых исправлений и в некоторых последующих таблицах.— *Ред.*

[20] См. начало этого абзаца.

[21] Итог исправлен по слагаемым.

[22] Речь, произнесенная в годичном собрании Московского сельскохозяйственного института 26 сентября 1902 года. Печатается по собранию сочинений В. Р. Вильямса, т. I, 1948 г.

[23] Вступительная часть курса воспроизведена по изданию 1897 года. Печатается по собранию сочинений акад. В. Р. Вильямса, т. I, 1948 г.

[24] В исходном издании — к 2400 году до Р. Х. Грубая опечатка или недосмотр: Феофраст, или Теофраст, родился около 372 г. и умер около 287 г. до н. э.— *Ред.*

[25] В исходном издании — в начале XI века. В экземпляре книги, имевшемся в распоряжении редакции, цифра XI исправлена на XVI. Однако и выражение «В начале XVI века» неточно: деятельность Бернара Палисси (около 1510—1589/90 г.), как естествоиспытателя, относится ко второй половине XVI в.

[26] В исходном издании — в XII веке. Повидимому, опечатка: Бэкон Веруламский (Фрэнсис Бэкон, 1561—1626) со своими научно-философскими работами выступал в первую четверть XVII века.

[27] В исходном издании — в 1668 году. Опечатка или неточность: Ван-Гельмонт умер в 1644 году.— *Ред.*

[28] Извлечение из курса «Общее земледелие, часть II. Естественно-научные основы луговодства или луговедение». Изд. 1922 года. Глава III, стр. 156.

[29] Извлечение из курса «Почвоведение», часть первая, стр. 155. Изд. 1926 года.

Все слова в тексте, заключенные в квадратные скобки, являются пояснениями редакции.



СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Избранные главы из курса «Почвоведение Земледелие с основами почвоведения» (1938)

Глава I. Выветривание горных пород и процесс обособления свойств почвообразующих пород 9

Глава II. Общая схема почвообразовательного процесса 42

РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА 79

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И РОЛЬ ЕГО В РАЗВИТИИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

(Статьи и речи)

Значение трудов В. В. Докучаева в развитии почвоведения . . 127
Предисловие редактора 142
Ближайшие перспективы почвоведения в планомерной борьбе за урожайность социалистических полей СССР 146
Прочность и связность структуры почвы 171
Роль почвоведения в социалистической реконструкции сельскохозяйственного производства 187
Почвоведение и агрономия 215
В чем сущность производственного подхода в изучении почвы (Мысли, навеянные V Всесоюзным съездом почвоведов в Москве) 215
Перспективная программа работ отдела биологии почвы Института агропочвоведения ВАСХНИЛ 228

ОТЧЕТЫ ПО ПОЧВЕННЫМ ОБСЛЕДОВАНИЯМ

Отчет по маршрутному почвенному обследованию Биробиджанского района Дальневосточного края 245
Растительный покров Биробиджанского района 265
Почвенный покров Биробиджанского района 311
Заключение 357
Список растений, собранных Биробиджанской почвенной экспедицией в 1927 г. 377
Почвы Люблинских полей орошения 391
I. Общие замечания о процессе обезвреживания сточной жидкости почвой вообще 391
II. Внепойменные почвенные образования Люблинских полей орошения города Москвы 421
III. Пойменные почвенные образования долины реки Москвы на Люблинских полях орошения города Москвы 473

РАННИЕ РАБОТЫ ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ

Значение сравнительного изучения физических свойств почвы . . 519
Вступительная речь перед защитой диссертации 532
Опыт исследования в области механического анализа почв . . 545
Введение 576
Глава I 548
Глава II 629
Глава III 677
Значение органических веществ почвы 724
Введение к книге «Лекции по почвоведению» 734
Лизиметрический метод исследования почв 751

ПРИЛОЖЕНИЯ

Послесловие 761
К. И. Голенкина. Лизиметры академика В. Р. Вильямса. Воспоминания 772

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

*

Редактор издательства *В. П. Иванов*
Технический редактор *Е. Н. Симкина*

*

РИСО АН СССР № 3936. Т-01438. Издат. № 2395.
Тип. заказ № 2648. Подп. к печ. 11.II 1950 г.
Формат бум. 70×92 1/16. Печ. л. 49 1/2 + 3 вкл.
Уч.-издат. 38. Тираж 6000. Цена в переплете 30 р.

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР.
Москва, Шубинский пер., д. 10

В. Р. ВИЛЬЯМС

ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ



ТОМ I



30 руб.